

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка стенда для испытания амортизаторов грузовых  
автомобилей на долговечность

Студент

К.В. Туровский

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Н.С. Соломатин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

доцент И.В. Дерябин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

ст. преподаватель О.А. Головач

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

## Аннотация

Тема дипломного проекта «Разработка стенда для испытания амортизаторов грузовых автомобилей на долговечность». Актуальность темы обусловлена ростом спроса на грузовые автомобили. Это связано с ростом спроса на агрегаты, расширяющие эксплуатационные возможности транспортных средств. Следовательно, возрастает спрос на испытательное оборудование, которое применяют при разработке подобных узлов и агрегатов транспортных средств.

Структура дипломного проекта представляет собой шесть глав, оглавление, введение и заключение, список литературы, включающий иностранные источники. В расчетно-пояснительной записке работа иллюстрирована рисунками, основные расчеты и данные сведены в таблицы.

Узлы транспортных средств необходимо разрабатывать и модернизировать, а значит, нужны стенды для испытания автомобильных деталей, являющихся частью этих узлов. Ключевым значением проекта является разработка стенда для испытания гидравлических амортизаторов грузового автомобиля. На транспортных средствах этого типа гидравлические амортизаторы применяются ввиду простоты их конструкции и надежности в эксплуатации.

Целью дипломного проекта является разработка конструкции стенда на уровне рабочего проекта, разработка кинематической и гидравлической схемы стенда.

Выпускная квалификационная работа логически может быть разбита на связанные между собой главы.

В первой главе дипломного проекта произведен анализ конструкции испытательных стендов амортизаторов, включая стенды для испытания амортизаторов иностранного производства.

Во второй главе разработано техническое задание и техническое предложение на конструкцию стенда для испытания амортизаторов.

Выполнен расчет отдельных узлов и деталей, силовые и прочностные расчеты конструкции стенда, а также отдельных элементов схемы.

В третьей главе дипломного проекта разработана технология и сформирована технологическая карта на проведение испытания гидравлического амортизатора грузового автомобиля.

В четвертой главе, посвященной безопасности жизнедеятельности, выполнен анализ безопасности при проведении испытательных работ. Выявлены опасные и вредные производственные факторы и предложены пути их нейтрализации.

В пятой главе дипломного проекта выполнен расчет себестоимости проведения работ по изготовлению и сборке стенда.

Результаты проведенной работы представлены в расчетно-пояснительной записке и на девяти листах графической части.

## **Abstract**

The theme of the diploma project is "Development of a stand for testing the shock absorbers of trucks for durability." The relevance of the topic is due to the growth in demand for trucks. This is due to the growing demand for units that expand the operational capabilities of vehicles. Consequently, the demand for test equipment is increasing, which is used in the development of such components and assemblies of vehicles.

The structure of the thesis consists of six chapters, a table of contents, introduction and conclusion, a list of references, including foreign sources. In the settlement and explanatory note, the work is illustrated with figures, the main calculations and data are summarized in tables.

Vehicle components need to be developed and modernized, which means that stands are needed to test automotive parts that are part of these components. The key value of the project is the development of a stand for testing the hydraulic shock absorbers of a truck. On vehicles of this type, hydraulic shock absorbers are used due to the simplicity of their design and reliability in operation.

The aim of the project is to develop the design of the stand at the level of the working project, the development of the kinematic and hydraulic scheme of the stand.

The thesis can be logically divided into interconnected chapters.

In the first chapter of the graduation project, an analysis was made of the design of test benches for shock absorbers, including stands for testing shock absorbers of foreign production.

In the second chapter, the terms of reference and technical proposal for the design of the stand for testing shock absorbers were developed. The calculation of individual components and parts, power and strength calculations of the stand structure, as well as individual elements of the circuit, were performed.

In the third chapter of the graduation project, a technology was developed and a technological map was formed for testing the hydraulic shock absorber of a truck.

In the fourth chapter, devoted to life safety, a safety analysis was performed during testing. Dangerous and harmful production factors are revealed and ways of their neutralization are offered.

In the fifth chapter of the graduation project, the calculation of the cost of carrying out work on the manufacture and assembly of the stand is carried out.

The results of the work carried out are presented in the settlement and explanatory note and on nine sheets of the graphic part.

## Содержание

Введение .....	8
1 Анализ конструкции и обоснование выбора конструктивной схемы стенда ресурсных испытаний амортизаторов .....	10
2 Конструкторская часть .....	19
2.1 Тяговый расчёт автомобиля .....	19
2.2 Техническое задание на разработку стенда ресурсных испытаний амортизаторов грузового автомобиля .....	37
2.3 Техническое предложение на разработку стенда ресурсных испытаний амортизаторов грузового автомобиля .....	40
2.4 Расчет на прочность деталей устройства .....	51
3 Технологический процесс ресурсных испытаний амортизаторов автомобилей .....	59
3.1 Параметры проверки состояния амортизатора грузового автомобиля ....	59
3.2 Наиболее характерные неисправности амортизаторов .....	60
3.3 Технологический процесс проведения ресурсных испытаний амортизатора грузового автомобиля .....	62
4 Охрана труда и безопасность объекта проектирования .....	67
4.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ) .....	67
4.2 Идентификация профессиональных рисков .....	67
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	72
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	75
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	77
4.6 Меры безопасности при эксплуатации стенда для испытания амортизаторов .....	78
5 Экономический раздел дипломного проекта .....	80
5.1 Анализ объекта дипломного проектирования .....	80

5.2 Исходные данные для расчета	80
5.3 Расчет затрат на материалы .....	81
5.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты .....	82
5.5 Расчет затрат на заработную плату .....	83
Заключение .....	86
Список используемых источников .....	88

## Введение

Современные реалии диктуют новые подходы в организации работ на всех уровнях. Все больше и больше используется транспортных средств, предназначенных для осуществления транспортных работ по развозу грузов от грузового терминала до точек продаж. В первую очередь это касается техники, используемой в условиях города. Значительно увеличивается количество специальной техники, созданной на базе транспортных средств и техники, работающей в городских кварталах на доставке товаров и продуктов питания.

Необходимым средством специализированного подвижного состава является бортовая техника и техника на ее основе, оборудованная изотермическим или рефрижераторным фургоном. Это вид транспорта является наиболее распространенным при проведении развозных работ.

Грузовая транспортная техника на базе автомобиля МАЗ предназначена для транспортировки штучных грузов, товаров народного потребления или продуктов питания с мест производства или хранения и равномерного распределения их по магазинам или розничным складам.

При эксплуатации транспортных средств возникает необходимость проведения работ, связанных с проведением ресурсных испытаний отдельных узлов и агрегатов, отвечающих за безопасность движения. Гидравлические амортизаторы являются агрегатами, которые необходимо подвергать испытаниям при внесении изменений в конструкцию, с целью обеспечения безопасности движения, а также для обеспечения комфортабельного движения. С этой целью, специализированные предприятия оснащаются соответствующим оборудованием. В рамках дипломного проекта необходимо произвести расчет и разработку такого оборудования – стенда для проведения испытаний гидравлических амортизаторов на долговечность.

Создание подобного стенда для проведения ресурсных испытаний необходимо для специализированных испытательных лаборатории и научных



центров. Для лабораторий подобное необходимо в рамках проведения испытаний при проведении испытаний амортизаторов на долговечность. Для научных центров подобное оборудование может быть использовано при проведении исследовательских работ по новым типам гидравлических амортизаторов или при внесении изменений в конструкцию, например применении новых уплотнительных материалов или внесении изменений в конструкцию механизма, с целью определения долговечности механизма.

В процессе поиска промышленных аналогов будут изучены образцы техники, которая используется для проведения аналогичных испытаний, откуда будут взяты технические решения, которые в дальнейшем будут использованы в разрабатываемой конструкции.

## **1 Анализ конструкции и обоснование выбора конструктивной схемы стенда ресурсных испытаний амортизаторов**

Виды испытаний гидравлического оборудования:

- эксплуатационные;
- длительные контрольные;
- испытание отдельных элементов.

Первые два вида испытаний производятся в основном при производстве гидравлического оборудования, при ремонте гидравлического оборудования, проводятся испытания отдельных элементов.

Все стенды, найденные в процессе анализа, имеют ряд технических решений, которые возможно использовать в объекте разработки. Соответственно, разработка будет вестись исходя из особенностей конструкции специального оборудования и различных аспектов проведения испытаний. Ряд аналогов, не приведенных в записке, выносятся на лист графической части.

Был обнаружен стенд для испытания амортизаторов автомобиля MS1000+, представленный на рисунке 1.

«Стенд MS1000+ позволяет оценить техническое состояние амортизаторов легковых автомобилей всех видов и определить необходимость их ремонта, а также оценить качество отремонтированного амортизатора и проверить соответствие рабочих характеристик амортизаторов техническим требованиям.» [11]

«Стенд MS1000+ позволяет получить достоверную информацию о техническом состоянии амортизатора и может использоваться для:

- диагностики неисправностей амортизатора в ремонтных мастерских;
- проверки соответствия рабочих характеристик амортизаторов техническим требованиям торгующими организациями;

- проведения ресурсных испытаний производителями амортизаторов;
- исследование работы амортизатора научно-исследовательскими организациями;
- гоночными командами для подбора амортизаторов с необходимыми характеристиками.» [9], [16]

Технические характеристики стенда приведены в таблице 1



Рисунок 1 – Стенд для испытания амортизаторов автомобиля MS1000+

Таблица 1 – Технические характеристики стенда для испытания амортизаторов автомобиля MS1000+

Напряжение питания, В	400	
Тип питающей сети	Трехфазная	
Мощность привода, кВт	3.7	
Габариты (Д×Ш×В), мм	970×480×2500	
Вес, кг	350	
Управление зажимами стенда	Пневматическое	
Рабочее давление пневматической системы стенда, бар	6	
Режимы работы	Ручной/автоматический	
Размер диагностируемого амортизатора	Максимальный, мм	780
	Минимальный, мм	250
Регулировка высоты установки амортизатора	Ручная	
Ход штока амортизаторов, мм	Регулируемый от 50 до 150	
Установка хода штока амортизатора	Ручная	
Допустимая нагрузка отбой/сжатие, кг	1000	
Частота колебаний амортизатора	Максимальная, мин-1	180
	Минимальная, мин-1	10
Скорость поршня амортизатора (при ходе 50 мм)	Максимальная, м/с	0,477
	Минимальная, м/с	0,026
Измерение температуры амортизаторов	Да	
Дополнительно		
Вывод данных на печать	Есть	
Обновление ПО	Есть	
Подключение к интернету	Wi-Fi (802.11 a/b/g/ac)	
Подключение периферийных устройств	2 x USB 2.0	

Другим найденным в результате поиска промышленным аналогом проектируемого стенда будет являться стенд "CENTURION" S400AM. Внешний вид стенда представлен на рисунке 2. Технические характеристики приведены в таблице 2.



Рисунок 2 – Стенд испытания амортизаторов "CENTURION" S400AM

«При проверке амортизаторов на стенде производится замер усилия сопротивления амортизатора на ходе сжатия и отбоя, с возможностью построения рабочей диаграммы амортизатора и скоростной характеристики.

Программный модуль стенда позволяет проводить адаптацию проверок под специфические задачи, выбирать количество циклов прокачки и скорости прокачки, добавлять и редактировать типы и параметры амортизаторов подлежащих испытаниям. Программная оболочка стенда позволяет накапливать, хранить и редактировать базу данных по испытаниям как локально, так и в сети.

Стенд контроля и диагностики амортизаторов позволяет определять усилия ходов сжатия и отбоя амортизаторов, строить диаграмму Монро и скоростную характеристику амортизатора, определять давление газового подпора, выдавать результаты замеров в числовом, графическом виде и в виде заключения о соответствии либо несоответствии параметров. Графическое представление результатов измерений можно масштабировать, чтобы проанализировать работу разных узлов амортизатора.» [16]

Таблица 2 – Технические характеристики стенда испытания амортизаторов "CENTURION" S400AM

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
Максимальное контролируемое усилие, кг	350
Точность измерения усилий, не более, кг	0,1
Ход штока амортизатора при диагностике, мм	70
Скорость испытания, до м/с	0,73
Максимальная длина корпуса испытываемого амортизатора, мм	500
Максимальный размер корпуса испытываемого амортизатора по ширине, мм	300
Максимальный размер корпуса испытываемого амортизатора в глубину от его оси, не менее, не менее, мм	70
Минимальный рабочий выход штока испытываемого амортизатора, мм	90
Габаритные размеры стенда, В x Ш x Г, мм.	1940 x 500 x 460
Количество испытываемых амортизаторов, шт.	1
Напряжение питания, В	380 (3P+N+PE)
Потребляемая мощность, не менее, кВт	2,2

Еще один стенд для проверки амортизаторов, который был обнаружен в ходе поиска патентных аналогов, это универсальный стенд для испытания гасителей колебаний по патенту 2556768, Россия. Внешний вид стенда представлен на рисунке 3.



грузом, силоизмерительное устройство, П-образный корпус крепления верхней головки шатуна или ролика, контактирующего с эксцентриком. Опоры для крепления гасителя установлены с возможностью перемещения вдоль плит. Упругие элементы установлены с возможностью согласования длины с длиной гасителя. Плиты и пластина с грузом расположены на вертикальных направляющих и снабжены фиксаторами положения. Обеспечивается возможность проведения различных видов испытаний, моделирования различных режимов работы гасителей колебаний транспортных средств на одном стенде.» [16]

Стенд предназначается для проведения ресурсных испытаний амортизаторов автомобилей различных типов. При проведении испытания может изменяться ход штока, амплитуда нагружения, частота нагружения, сила воздействия и т.п. параметры. Привод амортизатора осуществляется посредством кривошипно-шатунного механизма, обеспечивающего ход амортизатора в вертикальной плоскости.

Также в процессе поиска промышленных аналогов был обнаружен стенд, принятый в качестве базового. Сравнение остальных аналогов будет производиться относительно этого стенда. Принятый в качестве базового стенд обладает наиболее типичными признаками для стендов данного типа и при этом обладает наиболее низкой стоимостью. В качестве базового принимается стенд для диагностики амортизаторов «ПС-63». Внешний вид стенда представлен на рисунке 4. Технические характеристики приведены в таблице 3.

Стенд ПС-63 предназначается для проведения ресурсных испытаний гидравлических и гидропневматических амортизаторов автомобилей в условиях, приближенных к условиям эксплуатации. Нагрузка на амортизатор создается гидравлическим цилиндром.





Рисунок 4 – Стенд для диагностики амортизаторов ПС-63

Таблица 3 – Технические характеристики стенда для диагностики амортизаторов ПС-63

Наименование параметра	Значение параметра
Максимальное контролируемое усилие	2,5 кг/см <sup>2</sup>
Плавная регулировка скоростей	есть
Ход штока амортизатора при диагностике	80 мм
Максимальная длина корпуса испытываемого амортизатора	700 мм
Максимальный размер корпуса амортизатора по ширине	260 мм
Точность измерения усилий, не более	0,5 кг
Количество испытываемых амортизаторов	1
Габаритные размеры	430x360x1260 мм
Масса, не более	31 кг

Техническая составляющая стенда для испытания амортизаторов ПС-63 в целом идентична рассмотренным ранее стендам. Испытания производятся путем создания нагрузки при помощи электрического двигателя. Параметры сжатия и отбоя снимаются при помощи комплекса тензометрических датчиков, что позволяет строить графики параметров при проведении испытаний.

В процессе поиска промышленных аналогов были обнаружены ряд стендов, которые могут быть использованы в качестве аналогов. Это означает, что некоторые технические решения, применяемые в этих конструкциях, будут применены в конструкции проектируемого стенда. Произведен сравнительный анализ технических характеристик конструкции стендов, который был выполнен методом циклограммы. Результаты проведенного анализа представлены в расчетно-пояснительной записке и на листе графической части.

## 2 Конструкторская часть

### 2.1 Тяговый расчёт автомобиля

В качестве автомобиля аналога выбираем МАЗ-4371W1. МАЗ-4371W1 – среднетоннажный двухосный грузовой автомобиль с колесной формулой 4х2, соответствующие по уровню выбросов экологическому классу Евро-4, предназначенные для перевозки различных народнохозяйственных грузов (продукты питания, одежда, обувь, галантерея, бытовая техника, мебель и др.) по автомобильным дорогам общей транспортной сети, допускающим осевые массы, указанные в технической характеристике. Автомобиль представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Грузовой автомобиль МАЗ-4371W1

Автомобиль может поставляться без платформы в виде шасси под комплектацию различным оборудованием. На автомобилях установлены двигатели фирмы «Cummins», соответствующие требованиям экологических нормативов Евро-4. Также имеются комплектации, оборудованные отечественным двигателем и коробкой передач.

Техническая характеристика МАЗ-4371W1 представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Техническая характеристика МАЗ-4371W1

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
Грузоподъемность, кг		8000
Полная масса, кг		14950
Колесная база	мм	4200
Объем платформы	м <sup>3</sup>	30
Двигатель		Cummins ISF 3.8e4 168
Максимальная мощность, при 2100 об/мин	л.с. (кВт)	180 (132,4)
Максимальный крутящий момент при 1500 об/мин,	кгс·м (Н·м)	68 (666,8)
Коробка передач	-	5-ступенчатая с синхронизаторами на II, III, IV и V передачах
Передаточные числа: коробки передач	-	5,26; 2,90; 1,52; 1,00; 0,66; з.х. – 5,48;
главной передачи	-	7,24
Топливный бак	л	200
Размерность шин	-	235/75R17,5

«Площадь лобового сопротивления и коэффициент воздушного сопротивления определяются в зависимости от грузоподъемности автомобиля» [1, с.17]:

$A_B = 5,21 \text{ м}^2$  – площадь лобового сопротивления;

$k_B = 0,8 \text{ Нс}^2/\text{м}^4$  – коэффициент воздушного сопротивления.

Произведем расчёт внешней скоростной характеристики двигателя автомобиля, исходя из технических характеристик двигателя Cummins, который устанавливается на этот автомобиль. Расчет мощности и крутящего

момента представим в таблице 5. Графики эффективной мощности и крутящего момента представим на рисунках 6 и 7.

Таблица 5 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

$n_x$	$N_e$	$M_e$
300	21,17	670
600	45,63	720
900	70,56	749
1200	94,12	750
1500	113,9	725
1800	127,8	670
2100	132,4	602
2400	127,1	505

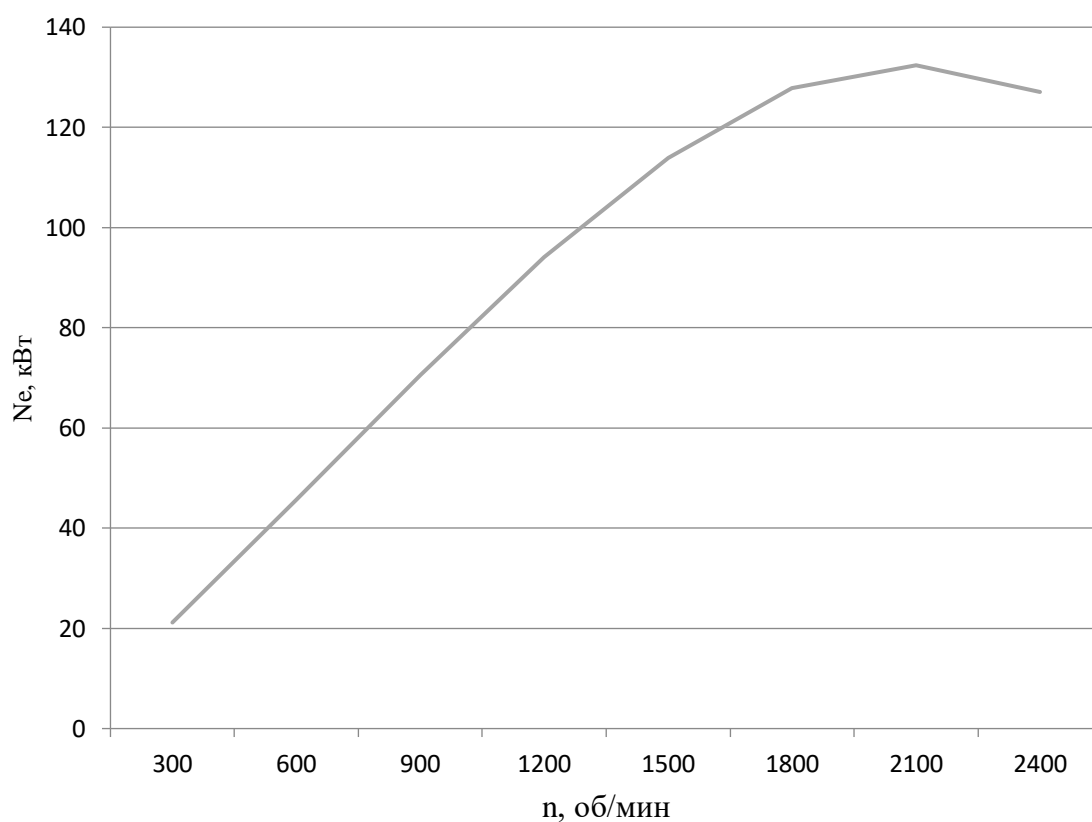


Рисунок 6 – График мощности двигателя

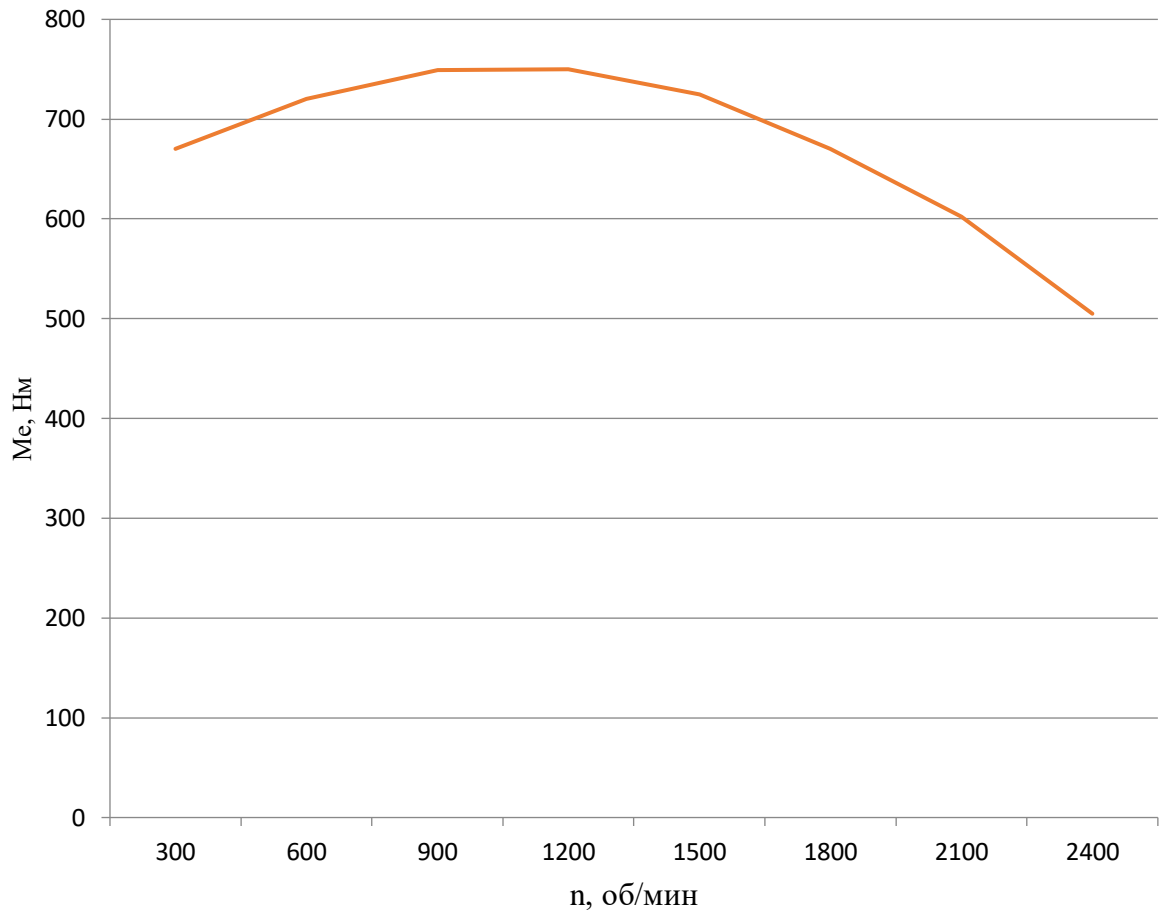


Рисунок 7 – График крутящего момента двигателя

Рассчитаем силу тяги на колесах ведущего моста, таблица 6:

$$P_k = \frac{M_e \cdot i_k \cdot i_o}{r_k} \eta_T, \quad (1)$$

$M_e$  – крутящий момент двигателя, Н·м;

$i_k$  – передаточное число коробки передач;

$i_o$  – передаточное число главной передачи;

$r_k$  – радиус качения колеса, м;

$\eta_T$  – коэффициент полезного действия трансмиссии.

$$P_k = \frac{670 \cdot 5,26 \cdot 7,24}{567,5} 0,85 = 43,4 \text{ Н}$$

Скорость движения автомобиля определяется по формуле:

$$V_a = 0,337 \frac{r_k \cdot n_e}{i_k \cdot i_o}, \frac{\text{км}}{\text{ч}} \quad (2)$$

$$V_a = 0,337 \frac{567,5 \cdot 300}{5,26 \cdot 7,24} = 1,4, \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Радиус качения колеса

$$r_k = \frac{d}{2} + H(1 - \lambda_{ш}), \quad (3)$$

$d$  – внутренний диаметр шины, м;

$H$  – высота профиля шины в свободном состоянии;

$\lambda_{ш}$  – коэффициент нормальной деформации шины.

Примем коэффициент  $\lambda_{ш}$ , равным 0,1

Величины  $d$  и  $H$  по маркировке шин

$$r_k = 508 + 70 \cdot (1 - 0,15) = 567,5$$

Таблица 6 – Расчет тяговой силы на колесах

n <sub>e</sub> , об/мин	Передача									
	I		II		III		IV		V	
	V <sub>a,км/ч</sub>	P <sub>к,кН</sub>	V <sub>a,км/ч</sub>	P <sub>к,кН</sub>	V <sub>a,км/ч</sub>	P <sub>к,кН</sub>	V <sub>a,км/ч</sub>	P <sub>к,кН</sub>	V <sub>a,км/ч</sub>	P <sub>к,кН</sub>
300	1,4	43,4	2,8	23,9	5,1	12,5	7,8	8,2	12	5,4
600	3,3	43,4	6,1	23,8	11,6	12,4	17,7	8,1	27,2	5,3
900	5	42,8	9,1	23,5	17,4	12,3	26,5	8,1	40,9	5,3
1200	6,7	42,5	12,2	23,6	23,3	12,4	35,4	7,9	54,5	5,4
1500	8,4	41,3	15,3	22,8	29,1	11,9	44,2	7,8	68,1	5,1
1800	10	38,2	18,3	21	35	11	53	7,2	81,8	4,7
2100	11,8	34,3	21,4	18,9	40,7	9,9	61,9	6,5	95,4	4,3
2400	13,4	28,8	24,5	15,8	46,6	8,3	70,8	5,4	109	3,6

График тяговых сил на ведущих колесах по произведенным расчётам представлены на рисунке 8.

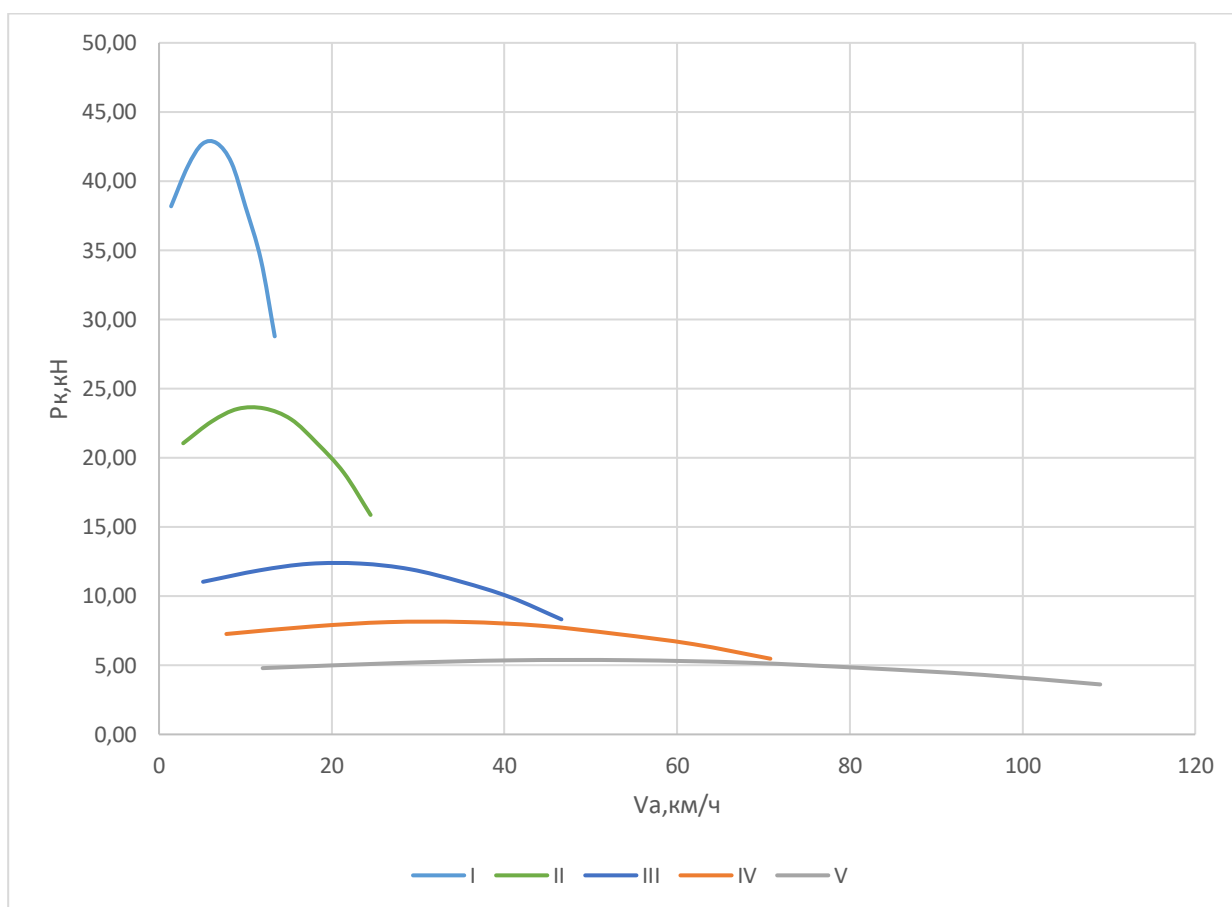


Рисунок 8 – График тяговых сил на ведущих колесах

Суммарная сила сопротивления дороги определяется по формуле:

$$P_{\psi} = \psi \cdot G_a , \quad (4)$$

$\Psi$  – коэффициент суммарного сопротивления дороги;

$G_a$  – полный вес автомобиля, кН.

Коэффициент суммарного сопротивления дороги

$$\psi = f \cos \alpha \pm \sin \alpha \quad (5)$$

$f$  – коэффициент сопротивления качения;



$\alpha$  – угол подъема дороги.

Коэффициент ( $\psi$ ) суммарного сопротивления дороги равен коэффициенту ( $f$ ) сопротивления качения.

$$f = f_0 \left( 1 + \frac{V_a^2}{20000} \right), \quad (6)$$

$f_0$  - коэффициент сопротивления качению, относящийся к малым скоростям движения автомобиля;  $f_0 = 0,015$ ;

$V_a$  – скорость движения автомобиля, км/ч.

Принимаем

Сила сопротивления воздуха в кН определяется по формуле (6):

$$f = 0,015 \left( 1 + \frac{70^2}{20000} \right) = 0,018$$

$$P_\psi = 0,018 \cdot 14950 = 2691$$

$$P_w = \frac{k_w \cdot F \cdot V_a^2}{13000}, \quad (7)$$

$k_w$  – коэффициент сопротивления воздуха;

$F$  – лобовая площадь автомобиля,  $m^2$ .

$$F = B_a \cdot H_a \quad (8)$$

$$F = 1,917 \cdot 2,720 = 5,21 \text{ м}^2$$

$$P_w = \frac{0,65 \cdot 5,21 \cdot 70^2}{13000} = 1,27$$

$B_a$  - наибольшая ширина автомобиля, м;

$H_a$  – наибольшая высота автомобиля, м.

Расчет сил сопротивления движению автомобиля сводится в таблицу 7.  
Результаты расчета в виде графика представляются на рисунке 9.

Таблица 7 – Расчет сил сопротивления движению автомобиля

$V_a$ , км/ч	$V_a^2$ , км/ч	$P_\psi$ , кН	$P_w$ , кН	$P_\psi + P_w$ , кН
12	144	0,22586	0,03751	0,26338
27,2	739,84	0,23255	0,19273	0,4225
40,9	1672,81	0,24301	0,43577	0,673
54,5	2970,25	0,25755	0,77375	1,0275
68,1	4637,61	0,27625	1,2081	1,4762
81,8	6691,24	0,29928	1,74307	2,0392
95,4	9101,16	0,3263	2,37085	2,6262
109	11881	0,35747	3,095	3,3574

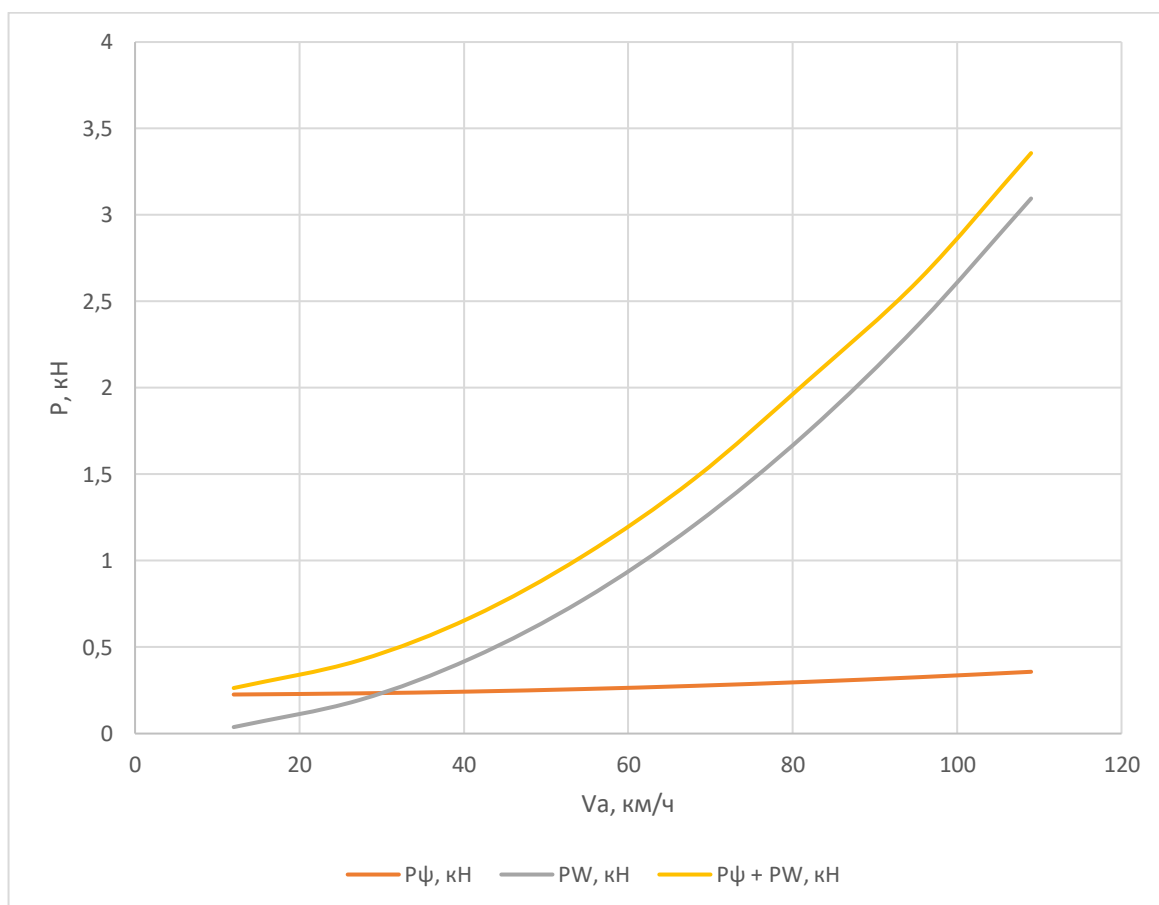


Рисунок 9 – Расчет сил сопротивления движению автомобиля

«Динамический фактор при полной нагрузке автомобиля:

$$D_{100} = \frac{P_k - P_w}{G_a}, \quad (9)$$

где:  $P_k$  - сила тяги на ведущих колесах автомобиля, кН;

$P_w$  – сила сопротивления воздуха, кН;

$G_a$  - полный вес автомобиля, кН» [1]

«При малых скоростях движения автомобиля сила ( $P_w$ ) имеет очень малую величину, в то время как сила тяги ( $P_k$ ) на низших передачах и малых скоростях движения имеет большие числовые значения. В этих случаях можно принимать  $P_{iv} = 0$  и определять динамический фактор по упрощенной формуле:» [2]

$$D_{100} = \frac{P_k}{G_a}. \quad (10)$$

Результаты расчетов тяговой силы представлено в таблице 8 и на рисунке 10.

Таблица 8 – Расчет тяговой силы на ведущих колесах

Передача									
I		II		III		IV		V	
$V_{a, \text{км/ч}}$	$P_k, \text{кН}$	$V_{a, \text{км/ч}}$	$P_k, \text{кН}$	$V_{a, \text{км/ч}}$	$P_k, \text{кН}$	$V_{a, \text{км/ч}}$	$P_k, \text{кН}$	$V_{a, \text{км/ч}}$	$P_k, \text{кН}$
1,4	38,18	2,8	21,05	5,1	11,03	7,8	7,26	12	4,79
3,3	41,03	6,1	22,62	11,6	11,85	17,7	7,80	27,2	5,14
5	42,69	9,1	23,53	17,4	12,33	26,5	8,11	40,9	5,35
6,7	42,74	12,2	23,56	23,3	12,35	35,4	8,12	54,5	5,35
8,4	41,32	15,3	22,78	29,1	11,93	44,2	7,84	68,1	5,17
10	38,18	18,3	21,05	35	11,02	53	7,25	81,8	4,77
11,8	34,31	21,4	18,91	40,7	9,90	61,9	6,51	95,4	4,28
13,4	28,78	24,5	15,86	46,6	8,30	70,8	5,45	109	3,58

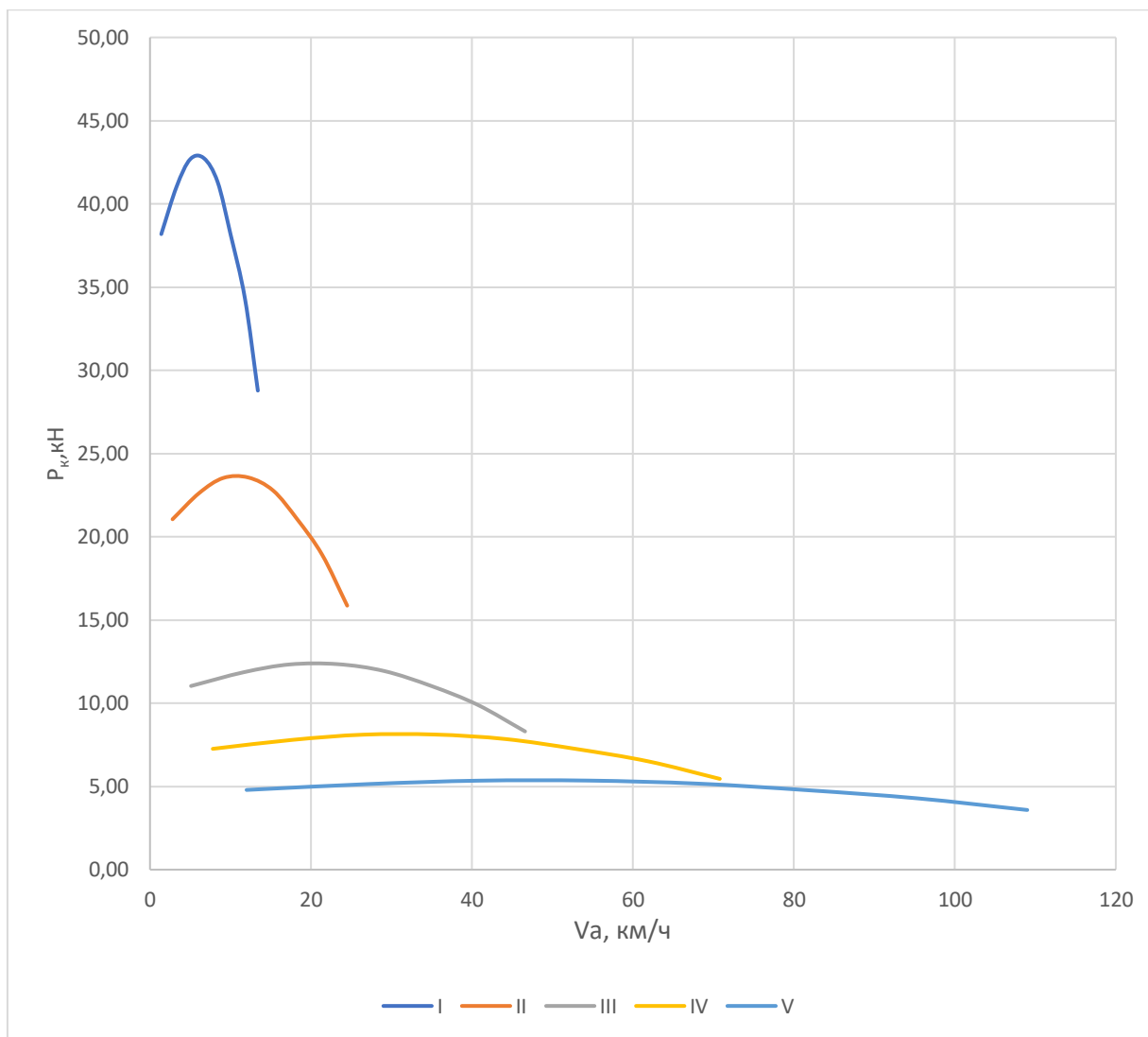


Рисунок 10 – Результаты расчетов тяговой силы на ведущих колесах

«Динамическая характеристика автомобиля позволяет решать эксплуатационные задачи при полной нагрузке автомобиля. Чтобы при изменении нагрузки автомобиля не пересчитывать значения динамического фактора, динамическую характеристику дополняют номограммой нагрузок.

Для построения шкалы  $D_0$  вычисляют значение отрезка  $a_0$  соответствующее значению  $D_0 = 0,1$  при принятом значении отрезка  $a_{100}$  на шкале  $D_{100} = 0,1$ . Величина отрезка определяется, по отношению веса автомобиля без груза ( $G_0$ ) и с полной нагрузкой по формуле:» [1]

$$a_0 = a_{100} \frac{G_0}{G_a}; \quad (11)$$

Далее одинаковые числовые значения шкал ( $D_0$  и  $D_{100}$ ) соединяют сплошными прямыми линиями.

«График контроля буксования совмещают при построении с номограммой нагрузок. При этом используют формулы:

$$D_{\varphi 0} = \varphi \frac{G_{0\text{сц}}}{G_0} \quad (12)$$

$$D_{\varphi 100} = \varphi \frac{G_{\text{сц}}}{G_a}, \quad (13)$$

где:  $D_{\varphi 0}$  – динамический фактор по сцеплению для автомобиля без груза;  
 $D_{\varphi 100}$  – динамический фактор по сцеплению для автомобиля с полной нагрузкой;

$\Phi$  – коэффициент сцепления шин ведущих колес автомобиля с дорогой;

$G_{0\text{сц}}$  – вес, приходящийся на ведущие колеса автомобиля без груза, кН;

$G_0$  – вес автомобиля без груза, кН;

$G_{\text{сц}}$  – вес, приходящийся на ведущие колеса полностью груженого автомобиля, кН;

$G_a$  – полный вес автомобиля, кН.» [10], [19]

«Для определения динамического фактора по сцеплению по формулам надо задаться значениями коэффициента сцепления ( $\varphi$ ) в диапазоне 0,1...0,8 с интервалом 0,1. Результаты расчета приведены в таблице 9.» [3], [14]

Таблица 9 – Результаты расчета динамического фактора по сцеплению

$\varphi$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$D_{\varphi 0}$	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
$D_{\varphi 100}$	0,066	0,132	0,198	0,264	0,33	0,396	0,462	0,528

«Ускорение автомобиля ( $j$ ,  $\text{м/с}^2$ ) определяют по формуле:

$$j = \frac{D - \psi}{\delta} g, \quad (14)$$

где:  $D$  – динамический фактор автомобиля;

$\psi$  – коэффициент суммарного сопротивления дороги;

$\delta$  – коэффициент учета влияния вращающихся масс;

$g$  – ускорение свободного падения, равное  $9,81 \text{ м/с}^2$ .» [2], [18]

Коэффициент  $\delta$  может быть определен по формуле:

$$\delta = 1 + \beta_1 \cdot i_{2k} + \beta_2, \quad (15)$$

где:  $\beta_1$  и  $\beta_2$  – постоянные (для данного автомобиля) коэффициенты;

$i_k$  – передаточное число коробки передач;

Результаты подсчета ускорений автомобиля на всех передачах сводят в таблицу 10 и рисунок 11.

Таблица 10 – Результаты подсчета ускорений автомобиля на всех передачах

Передача														
I			II			III			IV			V		
$V_a$ , км/ч	$D$	$j$ , $\text{м/с}^2$	$V_a$ , км/ч	$D$	$j$ , $\text{м/с}^2$	$V_a$ , км/ч	$D$	$j$ , $\text{м/с}^2$	$V_a$ , км/ч	$D$	$j$ , $\text{м/с}^2$	$V_a$ , км/ч	$D$	$j$ , $\text{м/с}^2$
1,4	0,28	0,43	2,8	0,14	0,375	5,1	0,05	0,32	7,8	0,054	0,25	12	0,03	0,17
3,3	0,25	0,41	6,1	0,1	0,36	11,6	0,07	0,3	17,7	0,05	0,23	27,2	0,03	0,16
5	0,24	0,39	9,1	0,1	0,34	17,4	0,07	0,28	26,5	0,05	0,205	40,9	0,03	0,143
6,7	0,24	0,36	12,2	0,07	0,31	23,3	0,08	0,25	35,4	0,05	0,175	54,5	0,03	0,12
8,4	0,22	0,32	15,3	0,05	0,255	29,1	0,07	0,22	44,2	0,046	0,145	68,1	0,02	0,09
10	0,19	0,28	18,3	0,18	0,19	35	0,06	0,18	53	0,03	0,11	81,8	0,019	0,06
11,8	0,15	0,22	21,4	0,04	0,11	40,7	0,05	0,13	61,9	0,02	0,07	95,4	0,02	0,03
13,4	0,1	0,13	24,5	0,01	0,015	46,6	0,03	0,06	70,8	0,02	0,02	109	0,02	0

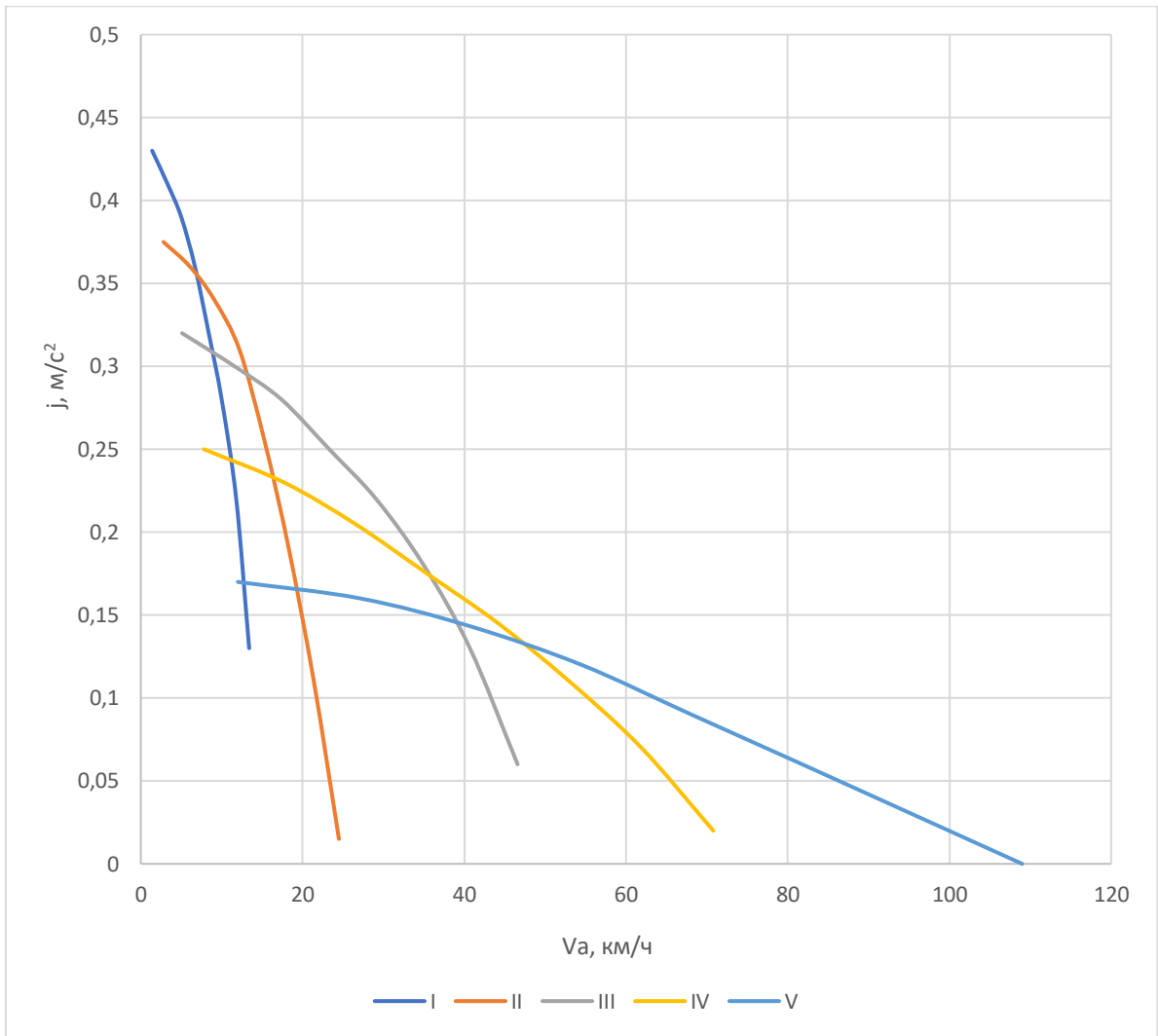


Рисунок 11 – График ускорения автомобиля

«Время разгона автомобиля до определенной скорости определяют графоаналитическим методом, используя график ускорений автомобиля.

Общая зависимость времени  $t$  разгона от скорости  $V$  и ускорения  $j$  выражается интегралом:

$$t = \int_0^{\infty} \frac{dV}{j}; \quad (16)$$

Приближенное интегрирование по графику позволяет определить время разгона ( $t$ , сек) при принятых размерностях скорости  $V_a$  (км/ч) и ускорения  $j$  (м/с<sup>2</sup>) по формуле:» [1], [17]

$$t = \sum \frac{V_{\max} \Delta V_a}{V_{\min} 3,6 \cdot j_{cp}}; \quad (17)$$

Общая закономерность пути  $S$  разгона от времени разгона и скорости движения выражается интегралом:

$$S = \int V dt \quad (18)$$

Приближенное интегрирование по графику позволяет определить путь разгона ( $S$ , м) при принятых размерностях скорости  $V_a$ , (км/ч) и времени  $t$  (сек.) по формуле:

$$S = \int_{t=0}^{\infty} \frac{V_{acp} \Delta t}{3,6} \quad (19)$$

где:  $V_{acp}$  – средняя скорость на участке, км/ч;

$\Delta t = t_i$  – время разгона на участке, с.

«Для повышения точности расчет пути разгона проводят с использованием данных по определению времени разгона. При этом  $V_{acp}$  определяют как середину интервала скоростей на каждом участке предыдущего расчета, а приращение времени принимают равным  $t_i$ , т.е. различным для каждого участка. Расчет ведут без ввода дополнительной информации, определяя последовательно:» [1]

– путь разгона на участке:

$$S_i = \frac{V_{acp} \cdot t_i}{3,6}; \quad (20)$$

– суммарный путь разгона:



$$S = \sum_{V_i}^{V_i^{max}} S_i \quad (21)$$

«Графиком мощностного баланса автомобиля называют график, имеющий кривые мощности, подводимой к ведущим колесам на передачах, и кривые мощности, затрачиваемой на преодоление сопротивления качению и сопротивления воздуха, в зависимости от скорости движения.

Мощность, подводимую к ведущим колесам автомобиля ( $N_k$ ), определяют по формуле:» [5], [21]

$$N_k = N_e \cdot \eta_T \quad (22)$$

Эффективную мощность ( $N_e$ ) принимают по внешней скоростной характеристике двигателя.

«Мощность, необходимую для преодоления сопротивления дороги ( $N_\psi$ ) вычисляют по формуле:

$$N_\psi = \frac{P_\psi \cdot V_a}{3,6}, \quad (23)$$

где:  $P_\psi$  – суммарная сила сопротивления дороги, кН;

$V_a$  – скорость движения автомобиля, км/ч.

Мощность, необходимую для преодоления сопротивления воздуха ( $N_w$ ) находят по формуле:

$$N_w = \frac{P_w \cdot V_a}{3,6}, \quad (24)$$

где:  $P_w$  – сила сопротивления, воздуха определяемая по формуле 7, кН

При подсчете мощности, подводимой к ведущим колесам автомобиля ( $N_k$ ), используют таблицу, а значение коэффициента полезного действия

трансмиссии ( $\eta_T$ ) принимают равным 0,85. Результаты расчета представлены в таблице 11 и на рисунке 12.» [7], [22]

Таблица 11 – Результаты расчета графика мощностного баланса автомобиля

P <sub>ψ</sub> ,	P <sub>w</sub> ,	N <sub>ψ</sub>					N <sub>w</sub>				
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
		V <sub>a</sub>					V <sub>a</sub>				
0,225	0,037	0,087	0,175	0,320	0,489	0,752	0,014	0,029	0,053	0,081	0,125
0,232	0,192	0,213	0,394	0,749	1,147	1,757	0,176	0,326	0,621	0,951	1,456
0,243	0,435	0,337	0,614	1,174	1,788	2,760	0,605	1,101	2,106	3,207	4,950
0,257	0,773	0,479	0,872	1,666	2,532	3,863	1,440	2,622	5,007	7,608	11,606
0,276	1,208	0,644	1,174	2,233	3,391	5,225	2,818	5,134	9,765	14,832	22,853
0,299	1,743	0,831	1,521	2,909	4,406	6,800	4,841	8,860	16,946	25,661	39,606
0,326	2,370	1,069	1,939	3,689	5,610	8,646	7,771	14,093	26,803	40,765	62,827
0,357	3,095	1,330	2,432	4,627	7,030	10,82	11,52	21,063	40,063	60,868	93,709
N <sub>ψ</sub> +N <sub>w</sub>											
I		II			III		IV		V		
V <sub>a</sub>											
0,1024		0,2048			0,3731		0,5706		0,8779		
0,3898		0,7206			1,3703		2,0992		3,2132		
0,9427		1,7158			3,2807		4,9965		7,7116		
1,9194		3,4950			6,6748		10,1412		15,4696		
3,4635		6,3085			11,9985		18,2245		28,0789		
5,6732		10,3819			19,8561		30,0678		46,4066		
8,8407		16,0331			30,4928		46,3760		71,4744		
12,8508		23,4960			44,6903		67,8985		104,5330		

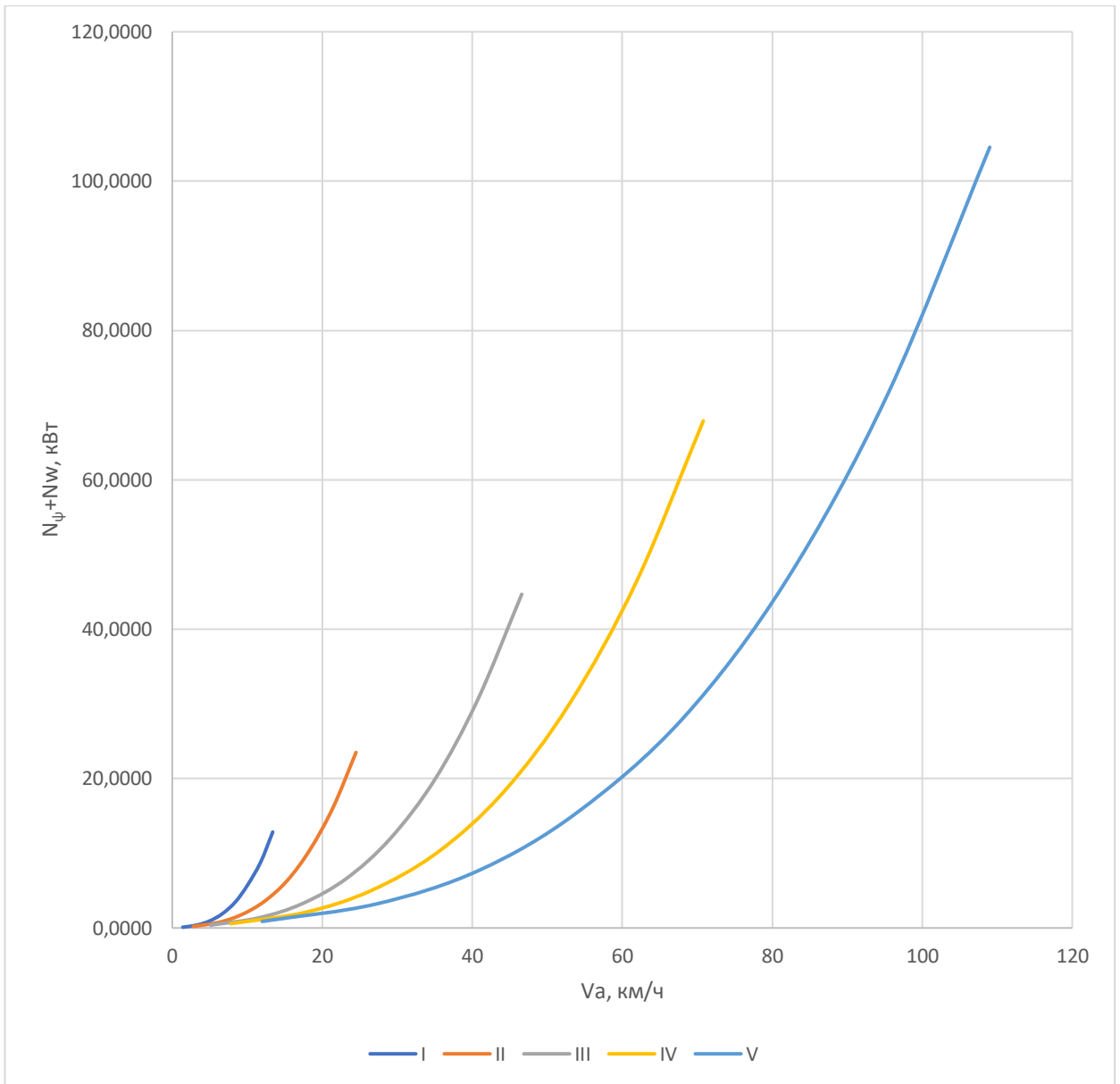


Рисунок 12 – График мощностного баланса автомобиля

«Теоретический минимальный тормозной путь до остановки автомобиля ( $S_T$ ), имеющего тормозные механизмы на всех колесах, определяют по формуле:

$$S_T = \frac{V_0}{254\varphi}, \quad (25)$$

где:  $V_0$  - скорость движения автомобиля в начале торможения, км/ч;

$\varphi$  - коэффициент сцепления шин с дорогой.» [1]

Остановочный путь автомобиля ( $S_0$ , м) определяют по формуле:

$$S_0 = (t_1 + t_2) \frac{V_0}{3,6} + \frac{k_3 \cdot V_0}{254\varphi}, \quad (26)$$

где:  $t_1$  - время реакции водителя, с;

$t_2$  - время срабатывания тормозов, т.е. период времени от начала торможения до момента времени, в который тормозная сила достигает наибольшей величины, с;

$k_3$  - коэффициент эффективности торможения.

Значение времени срабатывания тормозов ( $t_2$ ) можно принять 0,6 с (пневматический привод), а коэффициент ( $k_3$ ) принимают равным 1,3...1,4 - для грузовых автомобилей и автобусов. Результаты расчета сводят в таблицу 12 и на рисунке 13.

Таблица 12 – Результаты подсчета тормозного и остановочного путей автомобиля

$V_0$ км/ч	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$S_T$ , м	0,65	2,6	5,9	10,4	16,4	23,6	32,1	41,9	53,1
$S_0$ , м	4,6	11,1	19,2	29,1	40,7	54	68,9	85,6	104

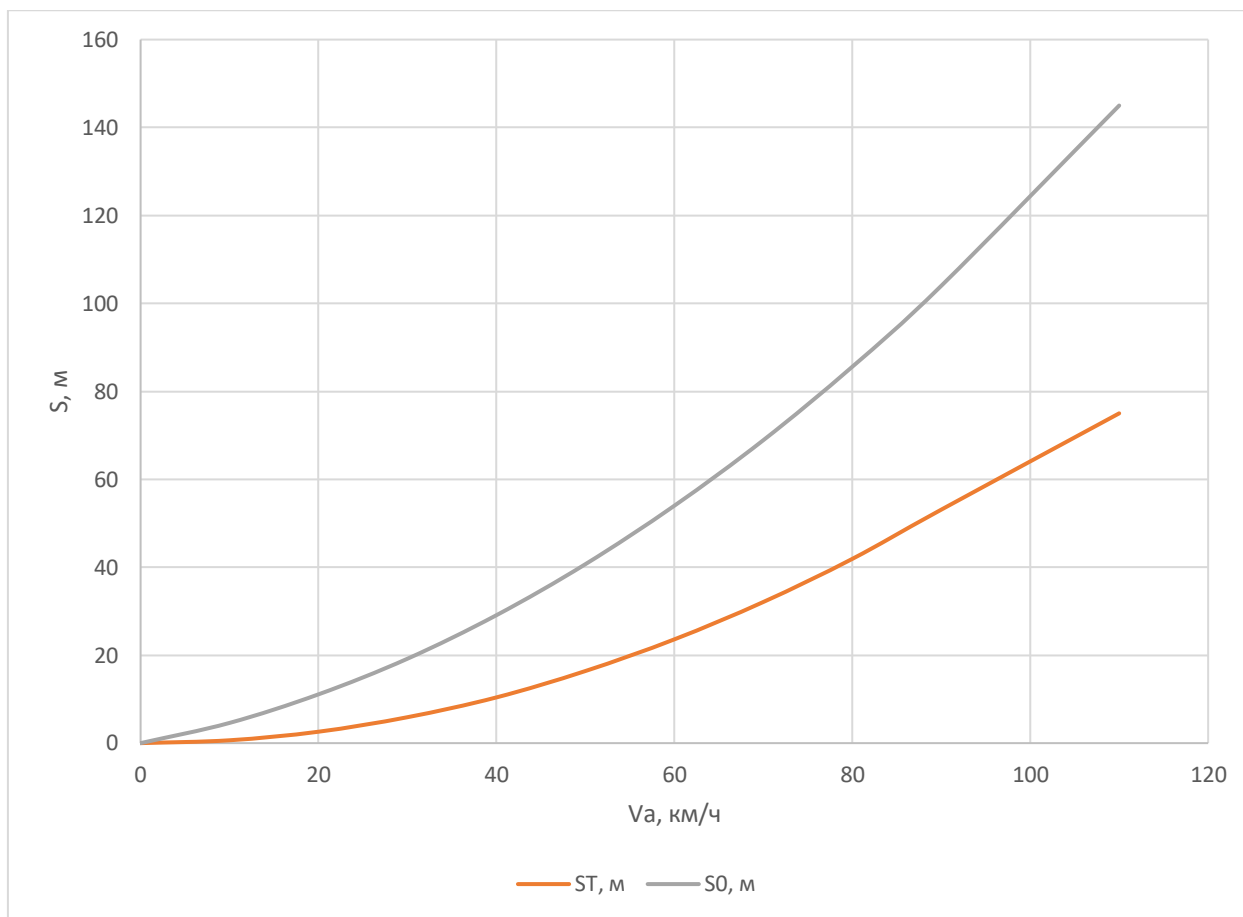


Рисунок 13 – График тормозного и остановочного путей автомобиля

Графики выполненного расчета выносятся на лист графической части дипломного проекта.

## 2.2 Техническое задание на разработку стенда ресурсных испытаний амортизаторов грузового автомобиля

В рамках выполнения дипломного проекта, необходимо спроектировать установку, предназначенную для проведения ресурсных испытаний амортизаторов транспортных средств (преимущественно грузовых автомобилей грузоподъемностью до 15 т), способную регистрировать затухающие колебания поддресоренных масс, обеспечивая при этом величины нагрузок, близкие к реально возникающим в процессе эксплуатации. Данное изделие относится к испытательной технике, в частности к стендам для

испытания амортизаторов транспортных средств. Предполагается использовать стенд в исследовательских лабораториях, на предприятиях, разрабатывающих и производящих амортизаторы.

Разрабатываемый стенд будет эксплуатироваться в отапливаемых помещениях, оборудованных твёрдым половым покрытием, с температурой воздуха  $+8^{\circ} \dots +50^{\circ}\text{C}$ .

Разработка ведется в соответствии с выданным кафедрой «ПЭА» Тольяттинского государственного университета заданием, в рамках выполнения выпускной квалификационной работы (дипломного проекта).

В качестве источника технических решений, которые можно будет использовать при разработке стенда, рекомендуется использовать результаты анализа технических решений, выполненного в первом разделе дипломного проекта, а также следующие источники дополнительной информации:

- описание изобретения к авторскому свидетельству № 564563;
- каталог оборудования фирмы «АВТОРЕМСЕРВИС»;
- каталог оборудования НПФ «МЕТА»;

Требуется спроектировать стенд для проведения ресурсных испытания амортизаторов, способный регистрировать колебания затухающих масс.

При разработке конструкции стенда необходимо ориентироваться на следующие технические параметры:

- габаритные размеры, не более: 1500 x 1000 x 1000 мм;
- полная масса стенда, не более: 600 кг;
- диапазон динамических нагрузок: 5...500 циклов/мин;
- типы амортизаторов: гидравлические МАЗ, КамАЗ;
- потребляемая мощность, не более; 10 кВт.

«В разрабатываемой конструкции следует предусмотреть возможность дальнейшего усовершенствования конструкции за счет расширения диапазона нагружения и возможности испытания амортизаторов других типов.

Рукоятки управления должны находиться на высоте 900-1000 мм от уровня пола, причем усилие нажатия на рычаг должно быть не более 100 Н, кнопку 15 Н. Все элементы управления должны находиться в зоне досягаемости рук оператора, без перемещения туловища. Рабочее положение оператора – стоя. Рукоятки управления и привода должны быть снабжены резиновыми накладками, для предотвращения соскальзывания рук при проведении работ. Кнопки управления выполнить из черного пластика. Кнопку экстренной остановки привода выполнить из красного пластика и большего размера, нежели остальные кнопки управления. Кнопки и рычаги управления предполагается сгруппировать и поместить на отдельную панель управления.» [11]

«Внешние очертания механизма должны отвечать требованиям технической эстетики и передавать функциональный характер изделия, острые углы рекомендуется скруглить, рекомендуется окрасить механизм в оранжевый цвет, раму можно окрасить в серый, либо черный цвет. Наружные плоскости перекрытия узлов и агрегатов окрасить в черный цвет с желтыми полосами. То же относится к движущимся частям установки. Не допускаются выступающие за габариты стенда узлы и детали, если того не требует их функциональное предназначение. Внешняя форма изделия должна быть продиктована соображениями компоновки отдельных элементов в одно целое.» [16]

«Для безотказной и эффективной работы данного изделия ТО данного изделия должно проводиться не менее 1 раза в 3 месяца. Составные части конструкции легко должны подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке. Для защиты от коррозии все основные металлические поверхности должны быть окрашены влаго-маслостойкими красками. Детали вращения должны быть смазаны и защищены от попадания пыли и грязи. Изделие транспортируется в разобранном виде.» [5]

«Предполагается транспортировка стенда в разобранном виде. Все узлы и агрегаты, снятые с рамы стенда должны быть упакованы в деревянные

ящички, которые должны быть соответствующим образом промаркированы. На раме стенда следует указать места строповки, предполагается транспортировка рамы без упаковки.» [11]

Сроки технического задания должны соответствовать срокам в календарном плане выпускной квалификационной работы.

### **2.3 Техническое предложение на разработку стенда ресурсных испытаний амортизаторов грузового автомобиля**

Получено техническое задание на разработку стенда для проведения ресурсных испытаний амортизаторов грузовых автомобилей. В соответствии с заданием было проведено исследование возможных технических решений, которые можно использовать при разработке конструкции стенда.

Кроме промышленных образцов, была рассмотрена конструкция стенда для проведения ресурсных испытаний по описанию изобретения к авторскому свидетельству № 564563. Схема конструкции представлена на рисунке 14.

«Со стойкой 1 шарнирно связан верхний рычаг 2, средняя часть которого связана дополнительно со стойкой 1 пружиной 3, жесткость которой регулируется винтом 4. На рычаге 2 закреплены масса 5, соединенная тягой 6 с записывающим устройством 7, и ролик 8, находящийся во взаимодействии с приводом колебательного движения, имитирующим колебания подрессоренных масс и состоящим из эксцентрика 9, закрепленного на валу редуктора 10, и электродвигателя 11. Привод установлен на разделительном поршне 12 с уплотнением 13. Поршень 12 размещен в корпусе 14, с который через отверстие 15 подведшей газ или жидкость. Корпус 14 закреплен на станине 16, которая, в свою очередь, установлена на стойке 1.» [16]



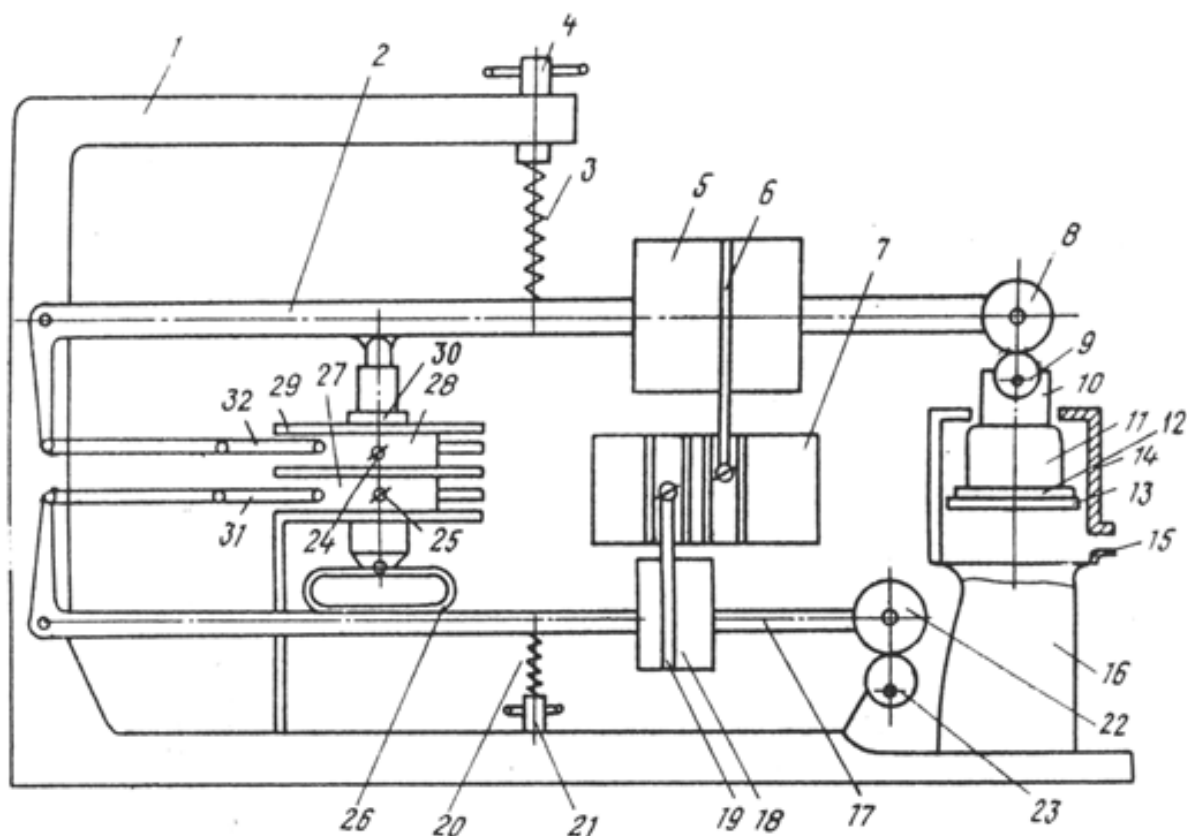


Рисунок 14 – Конструкция стенда ресурсных испытаний амортизатора по описанию изобретения № 564563

«При пуске стенда электродвигатель 11 через редуктор 10 и эксцентрик 9, взаимодействующий с роликом 8, возбуждает колебания массы 5, расположенной на рычаге 2. Одновременно возбуждаются колебания массы 18 при помощи ролика 22, взаимодействующего с эксцентриком 23 другого привода. Вынужденные колебания массы записываются самописцем. На устройстве 7 регистрируются колебания массы 18 при помощи самописца и тяги 19. При колебаниях масс 5 и 18 происходит включение в работу амортизатора 30, при этом тяги 31 и 32, соединенные с; концами рычагов 2 и 17 совершают возвратно-поступательные движения с рамками 27, 28 и бумагой, на которой производится запись рабочих диаграмм амортизатора самописцами 24 и 25, соединенными с датчиком 26 давления, при этом

ординаты диаграмм пропорциональны силе сопротивлений амортизатора, а перемещения диаграммы связаны с колебаниями масс 5 и 18.

Затухающие колебания создаются после режима вынужденных: колебаний путем отсоединения эксцентрика 9 от ролика 8 за счет снижения давления в полости корпуса 14, в котором на поршне 12 установлен привод эксцентрика 9.

Винтом 4 регулируют затяжку пружины 3, вследствие чего меняется собственная частота колебаний массы 5. Дополнительно настройка собственной частоты колебаний массы 5 может производиться за счет изменения ее величины.» [16]

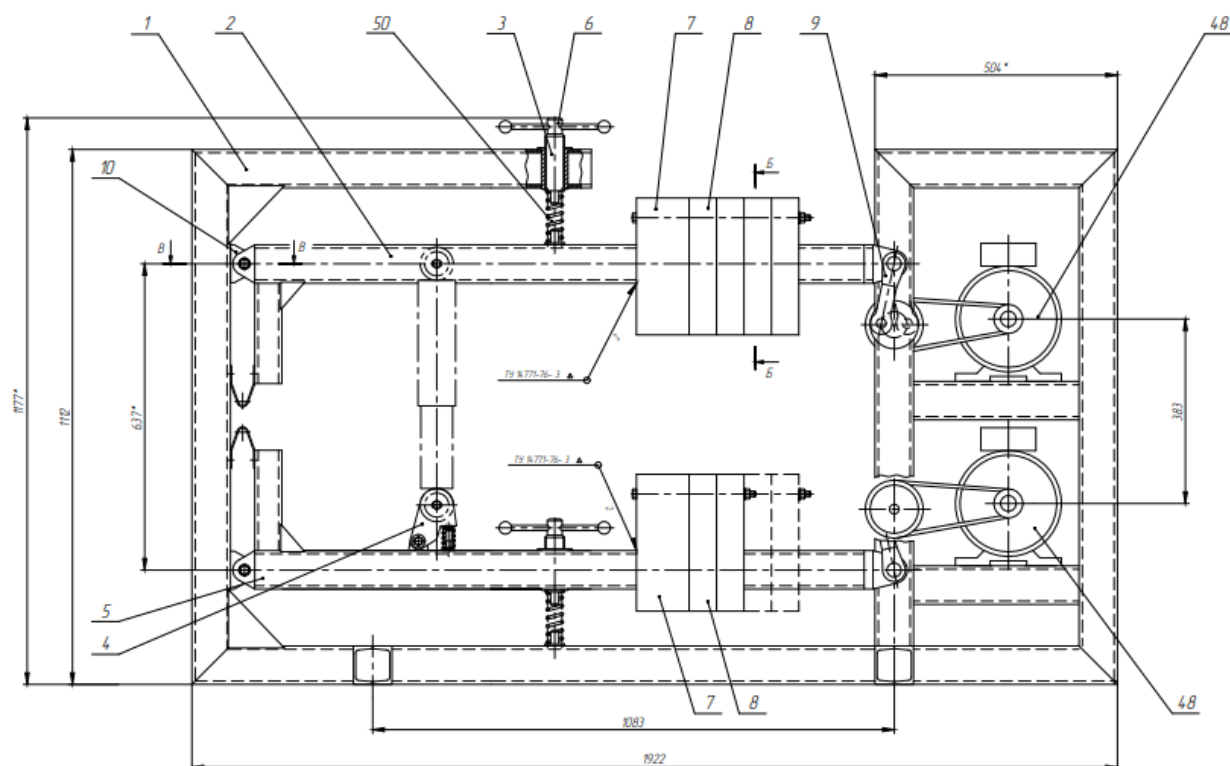
Разработка конструкции основывается как на описании изобретения, так и на основании анализа имеющихся промышленных образцов. Исходя из проведенного анализа, который касался как конструкции самого стенда, так и систем управления, можно сделать следующие выводы об изменениях, вносимых в конструкцию:

- в отличии от предложенной в авторском свидетельстве № 564563 системы записи колебаний на механический носитель, предлагается использовать тензодатчики, регистрирующие колебания через цифровой преобразователь;

- для обеспечения проведения испытаний, предполагающих многократно повторяющиеся циклы имитационных нагрузок, необходимо оснастить стенд системой управления на основе дистанционно управляемых соленоидов-расцепителей, обеспечивающих отключение привода при выходе на режим и перевод рычагов в режим свободных колебаний;

- предлагается адаптировать конструкцию под проведение ресурсных испытаний методом циклических нагрузок грузовых амортизаторов, для чего при компоновке предусмотреть возможность быстрого монтажа и демонтажа испытываемого амортизатора.

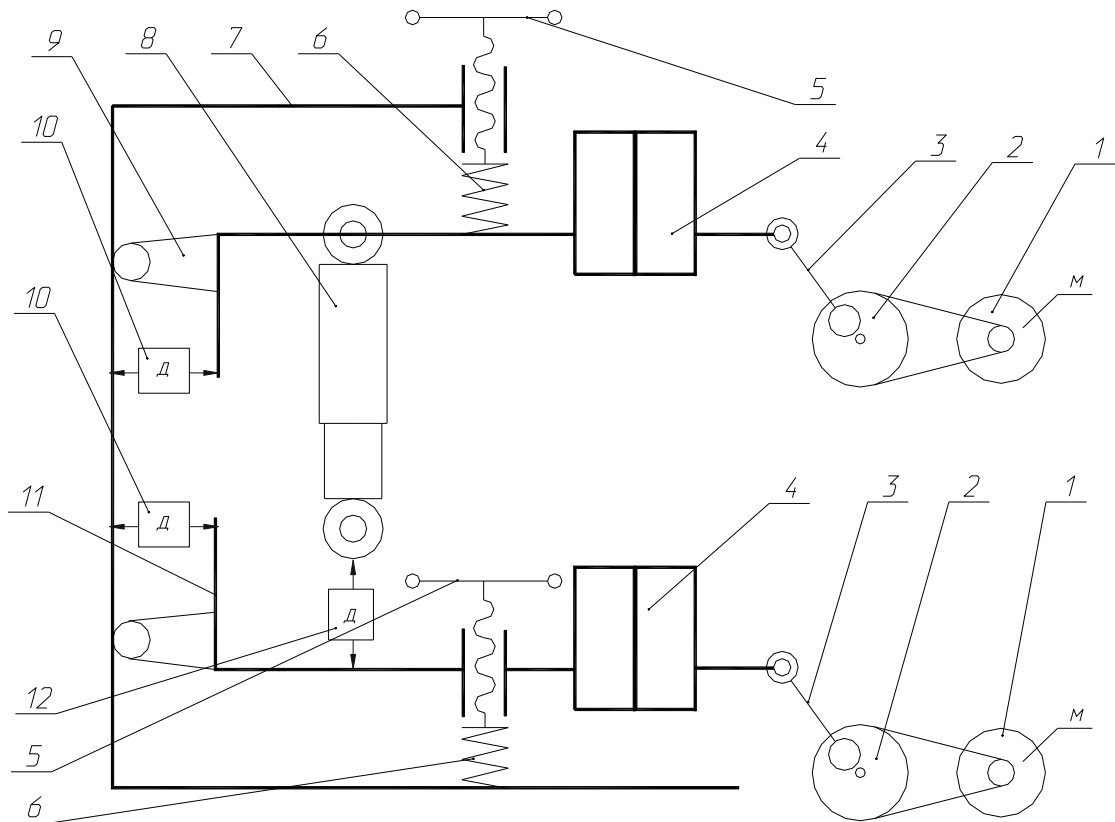
Внешний вид конструкции стенда представлен на рисунке 15.



1 – рама стенда; 2 – рычаг верхний; 3 – нагрузочный винт; 4 – датчик нагрузки; 5 – рычаг нижний; 6 – маховик винта; 7 – фиксированная масса; 8 – съёмный груз; 9 – шатун; 10 – кронштейн; 48 – электрический двигатель; 50 - пружина

Рисунок 15 – Конструкция стенда для испытания амортизаторов

Компоновочная схема разрабатываемого стенда, предлагаемая к дальнейшей разработке исходя из общей конструкции стенда, показанной на рисунке 15, представлена на рисунке 16.



1 – двигатель; 2 – приводной шкив; 3 – шатун; 4 – вибрационные массы; 5 – маховик; 6 – пружина; 7 – рама; 8 – амортизатор; 9 – шарнир; 10 – датчик колебаний; 11 – рычаг; 12 – датчик давления

Рисунок 16 – Компоновка конструкции установки

Компоновка конструкции предполагает выполнение привода рычагов посредством электродвигателей, при этом двигатель, приводящий в движение верхний рычаг соединяется со шкивом посредством муфты, управляемой дистанционно и позволяющей отключать двигатель при регистрации колебаний подпрессоренной массы. По сравнению с первоначальным вариантом привода через эксцентрик это позволит существенно увеличить ресурс узла. Сами массы выполняются разборными, для возможности варьирования нагрузки на амортизатор. Также из схемы исключаются датчики колебания масс, их функцию выполняют датчики колебаний, обрабатывающие информацию по двум каналам. Механизм регулировки

пружины для верхнего рычага выполняется на раме, а для нижнего непосредственно на рычаге, что выполнено для удобства оператора.

Для детальной проработки различных узлов установки рассмотрим электрическую, гидравлическую и кинематическую схемы установки.

Электрическая схема разрабатываемого станда представлена на рисунке 17

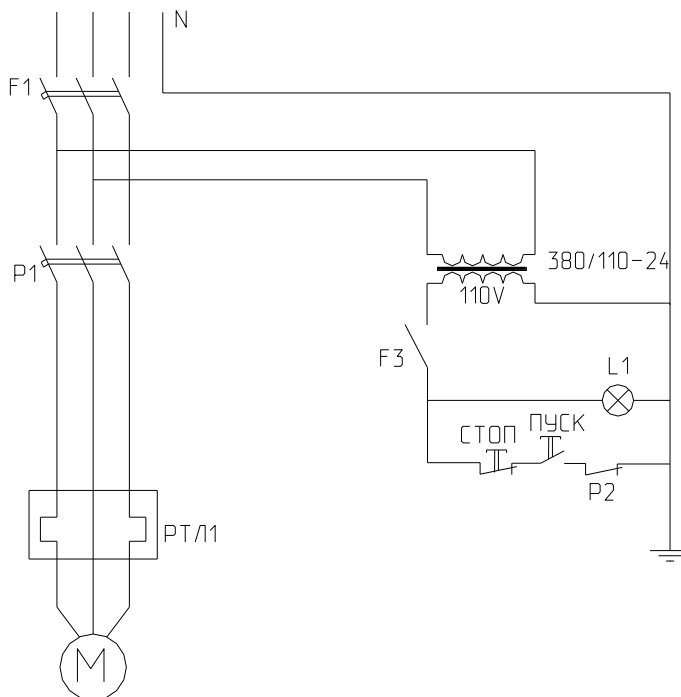


Рисунок 17 – Электрическая схема станда

«На рисунке 17 представлена схема подключения двигателей станда. Так как предполагается использовать в конструкции электродвигатели с мощностью до 7,5 кВт, то схема представленная на рисунке выполнена сообразно с мощностью. Каких либо особенностей в подключении схема не имеет.» [4], [20]

Кинематическая схема разрабатываемого стенда представлена на рисунке 18.

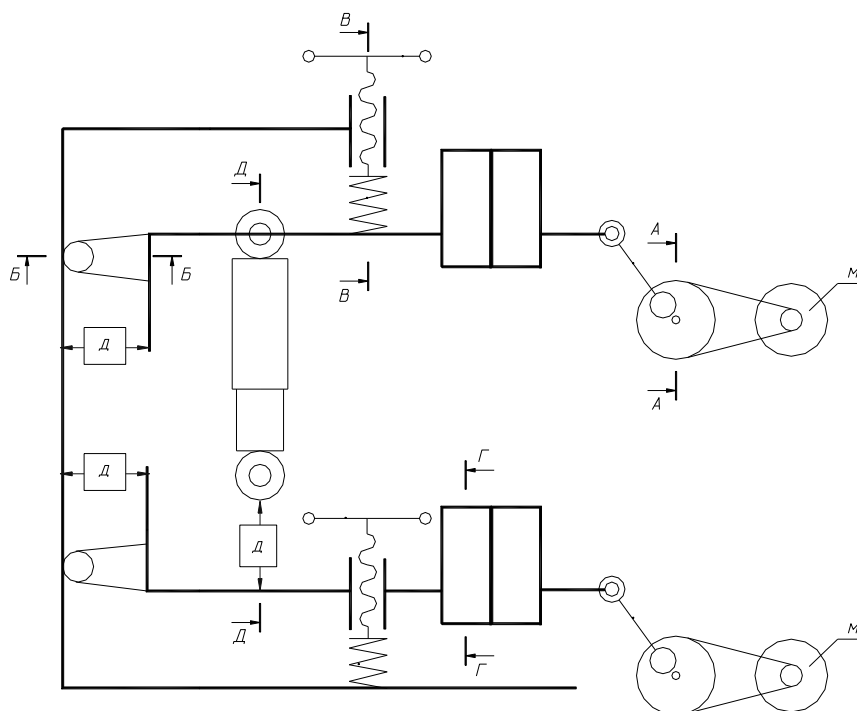
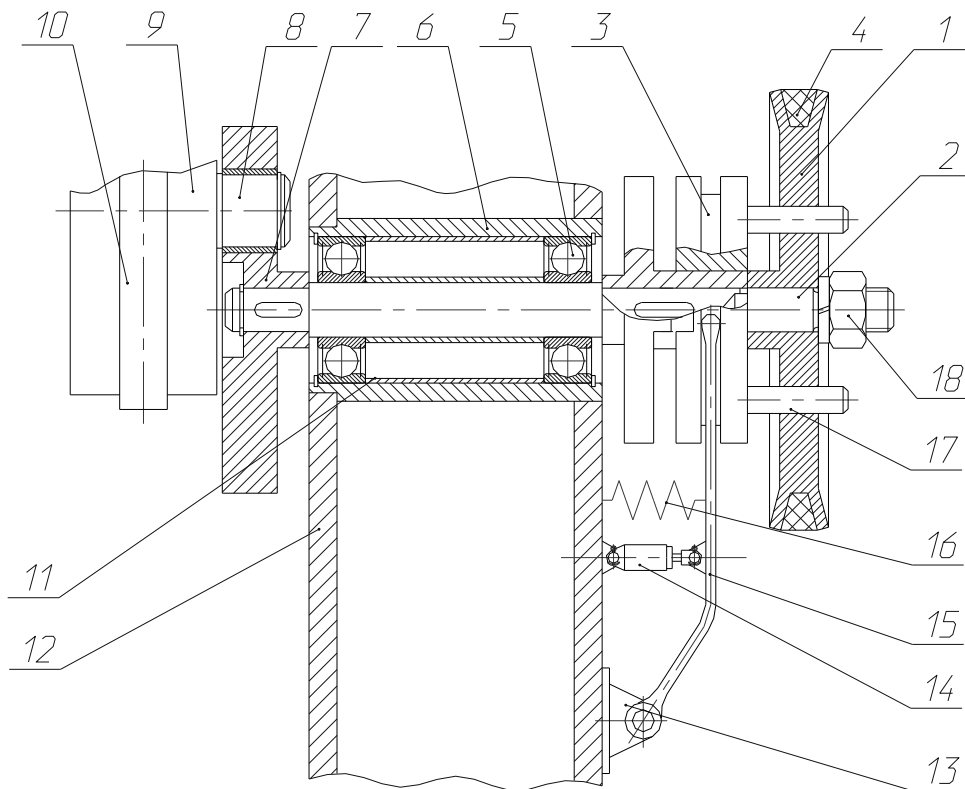


Рисунок 18 – Кинематическая схема стенда

«На рисунке 18 представлена кинематическая схема установки с указанными на ней наиболее ответственными для данной конструкции разрезами. Анализ разрезов необходим для выявления наиболее подходящего варианта исполнения для каждого из них, которая в дальнейшем найдет применение при проектировании всей конструкции.

При проведении анализа вариантов исполнения различных узлов на первый план выдвигается соответствие их основным задачам конструирования и соблюдение при выполнении основных технологических и конструктивных норм.» [13]

На рисунке 19 представлена компоновка узла по разрезу А-А.



1 – шкив; 2 – ось привода; 3 – муфта; 4 – ремень; 5 – подшипник закрытый; 6 – втулка; 7 – шпонка; 8 – ось шатуна; 9 – шатун; 10 – кронштейн тяги; 11 – ролик привода; 12 – стойка; 13 – кронштейн; 14 – тяговое реле; 15 – вилка; 16 – пружина; 17 – палец; 18 – стопорная гайка

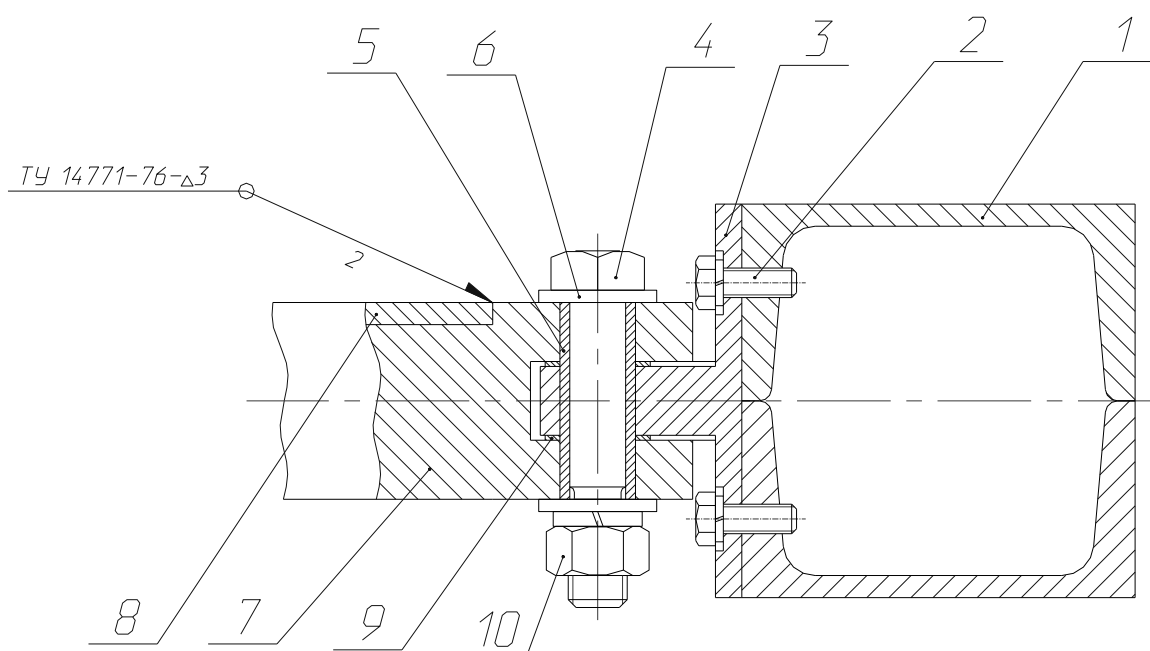
Рисунок 19 – Компоновка привода рычага по разрезу А-А

На данном разрезе представлен вариант конструктивного решения привода рычага.

Привод рычага представляет собой конструкцию, в которой приводной шкив 1 закреплен на оси 2 свободно, т.е. с возможностью вращения. От самопроизвольного сваливания при вращении он фиксируется гайкой 18. Крутящий момент от шкива 1 передается на вал 2 посредством разъемной муфты 3, состоящей из двух частей. Неподвижная часть посажена на вал 2 через шпонку, а подвижная соединена со шкивом 1 посредством пальцев 17, по которым подвижная часть муфты 3 может скользить. Размыкание муфты 3 производится при помощи тягового реле 14, шарнирно соединенного с вилкой

15. Возврат муфты 3 производится посредством пружины 16. Весь вал устанавливается на паре подшипников 5, посаженных во втулке 6, вваренной в стойку 12. Подшипники 5 в закрытом исполнении, что исключает крышку из конструкции узла и делает его более простым в исполнении. Привод рычага производится посредством приводного ролика 11, на котором на оси шатуна 8 крепятся сам шатун 9 с запрессованным в его головку шарниром трения.

На рисунке 20 представлена компоновка узла по разрезу Б-Б.



- 1 – стойка; 2 – винт; 3 – кронштейн; 4 – ось; 5 – дистанционная втулка-подшипник;  
6 – шайба; 7 – концевик; 8 – рычаг; 9 – шайба дистанционная; 10 – гайка.

Рисунок 20 – Конструкция узла крепления узла крепления рычага к стойке по разрезу Б-Б

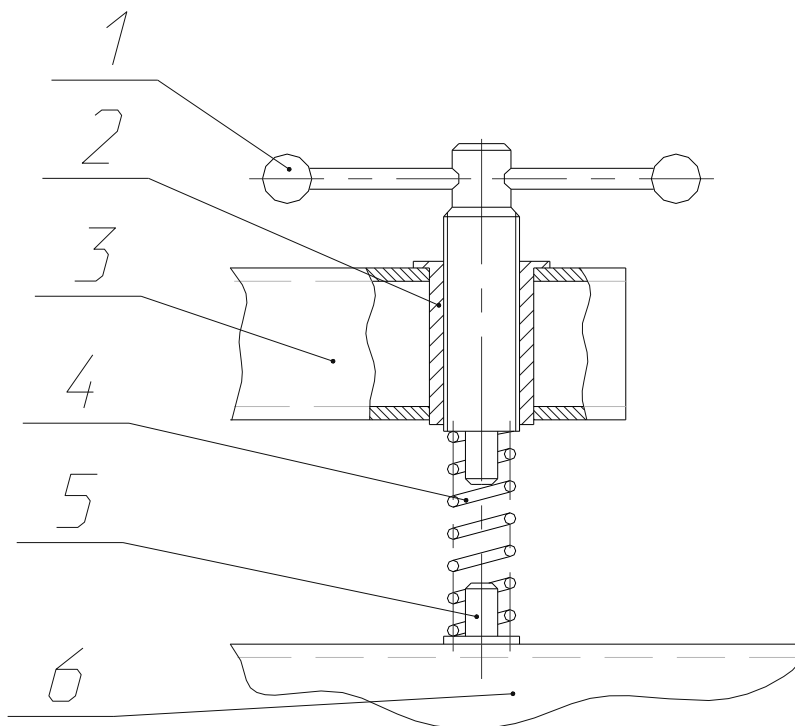
На данном разрезе представлен вариант конструкторского решения узла крепления рычага к стойке.

Предполагается применение в данном узле в качестве подшипника скольжения бронзовой втулки 5, которая одновременно является дистанционной, предотвращая защемление концевика 7 рычага 8 в



кронштейне 3. Кронштейн 3 крепится к стойке 1 при помощи винтов 2. Для обеспечения безззорного положения рычага 8 устанавливаются в кронштейне 3 дистанционные шайбы 9, подбором толщин которых также производится регулировка. Концевик 7 рычага 8 варивается в швеллер рычага 8.

На рисунке 21 представлена компоновка узла по разрезу В-В.



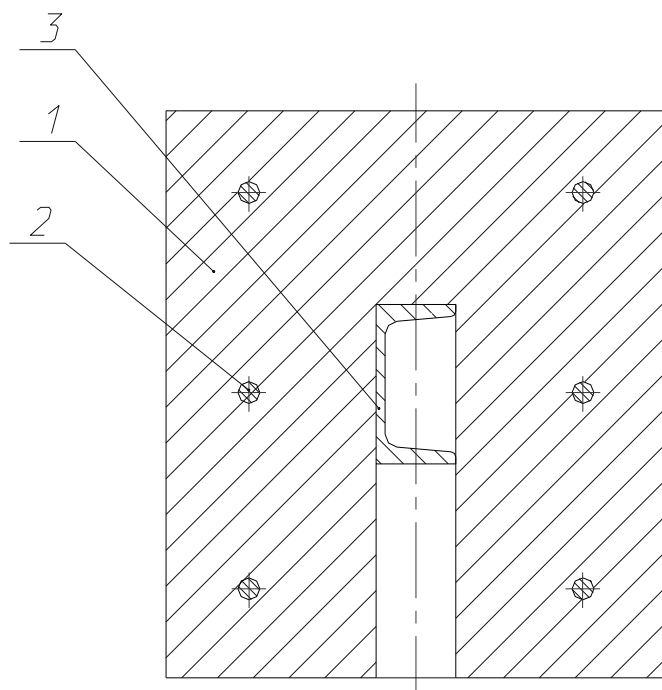
1 – маховик; 2 – втулка; 3 – стойка; 4 – пружина; 5 – направляющая; 6 – рычаг

Рисунок 21 – Конструкция узла регулировки прижима пружины по разрезу В-В

Пружина 4 необходима для создания предварительного нагружения амортизатора, поэтому закрепление ее осуществляется с возможностью изменения величины прижима. Изменение производится путем вворачивания стержня маховика 1, в который упирается верхняя часть пружины 4 во втулку 2, вваренную в стойку 3. Для предотвращения износа поверхности рычага 6, а также соскальзывания пружины 4 применяется направляющая 5. Таким

образом, вворачивая и выворачивая маховик 1 можно изменять степень прижима пружины 4 к рычагу 6.

На рисунке 22 представлена компоновка узла по разрезу Г-Г.

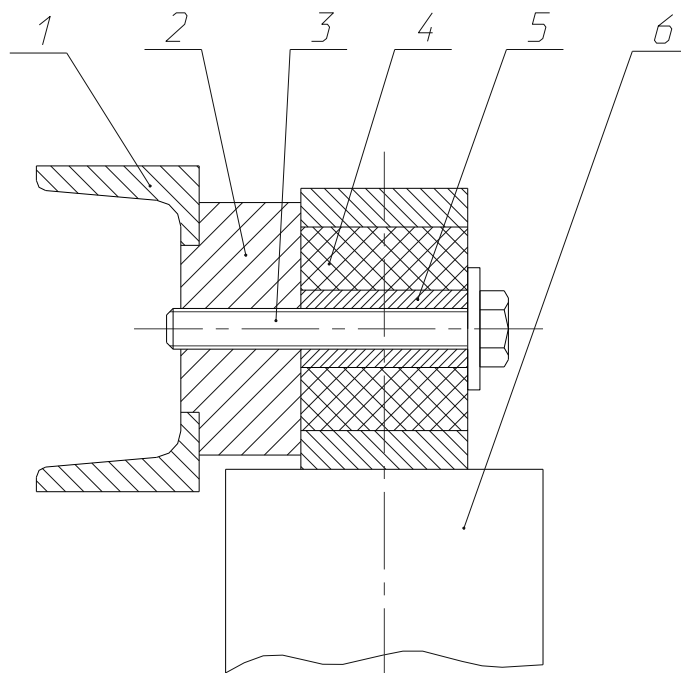


1 – масса; 2 – фиксирующие стержни; 3 – рычаг

Рисунок 22 – Конструкция узла крепления масс по разрезу Г-Г

Массы 1 крепятся к приваренному к рычагу 3 основанию при помощи резьбовых стержней 2. Изменяя число масс 1 можно в определенном диапазоне варьировать нагрузку амортизатора.

На рисунке 23 представлена компоновка узла по разрезу Д-Д.



1 – рычаг; 2 – бобышка; 3 – винт; 4 – сайлент-блок; 5 – втулка; 6 – амортизатор

Рисунок 23 – Конструкция узла крепления амортизатора

Крепление амортизатора 6 идентично его креплению на автомобиле, с той разницей, что на стенде крепление производится консольно к приваренной бобышке 2, а на автомобиле амортизатор 6 крепится в кронштейн. Крепление производится при помощи стандартного винта 3. Также используются автомобильные втулка 5 и сайлент-блок 4. В зависимости от типа амортизатора 6 эти детали могут заменяться на соответствующие.

#### 2.4 Расчет на прочность деталей устройства

Для выбора и конструирования оборудования подобного рода, необходимо определить его основные параметры. Основным параметром установки для испытания будет являться мощность электродвигателя. Рассчитаем усилие страгивания шатуна, крепление которого показано на рисунке 18, разрез Б-Б.

Вес, при страгивании приходящийся на шатун, рассчитывается исходя из предварительной компоновки конструкции, рисунок 24:

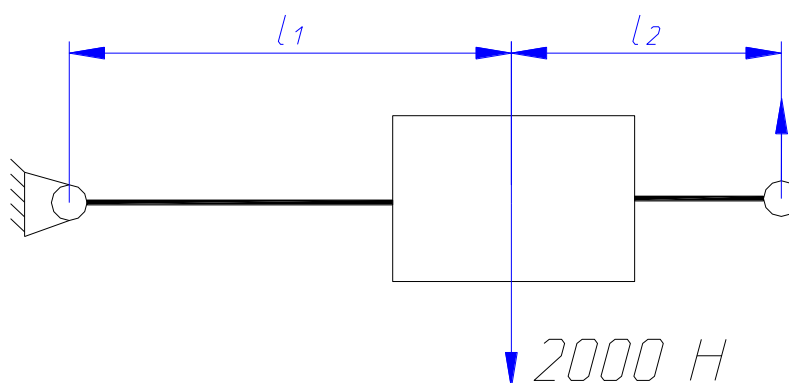


Рисунок 24 – Расчетная схема при определении нагрузки на шатун

Усилие от веса груза  $F$  на шатуне будет определяться следующим образом:

$$F = \frac{2000 \cdot l_1}{l_1 + l_2} \quad (27)$$

где  $l_1 = 0,982$  м

$l_2 = 0,367$  м

$$F = \frac{2000 \cdot 0,982}{0,982 + 0,367} = 1455,9 \text{ Н}$$

Максимальный крутящий момент необходимо прикладывать при страгивании маховых масс с места. Тогда крутящий момент:

$$T_{кр} = G \cdot (L + f \cdot d) \cdot k, \quad (28)$$

где  $G = 1455,9$  Н – вес приходящийся на шатун

$L$  – длина шатуна;  $L = 0,0635$  м

$f = 0,1$  – коэффициент трения в подшипниках оси

$d = 0,054$  м – диаметр вращения шатуна

$k = 1,2$  – коэффициент, учитывающий инерционное сопротивление при страгивании массы

$$T_{кр} = 1455,9 \cdot (0,0635 + 0,1 \cdot 0,054) \cdot 1,2 = 120,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Тогда, необходимый крутящий момент двигателя определяется по формуле:

$$T = c \cdot T_{кр} / u \quad (29)$$

где  $c = 1,5$  – коэффициент запаса

$u = 2$  – передаточное отношение ременной передачи

$$T = 1,1 \cdot 120,4 / 2 = 66,22 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Произведем подбор электродвигателя привода по формуле расчета мощности:

$$N_B = \frac{T \cdot n}{9550}, \text{ кВт} \quad (30)$$

$$N_B = \frac{66,22 \cdot 750}{2 \cdot 9550} = 2,6 \text{ кВт}$$

Данному условию мощности соответствует электродвигатель 4А112МВ8УЗ,  $n = 750$  об/мин,  $N_e = 3,0$  кВт

Требуется определить минимальный требуемый диаметр оси привода, исходя из известных приложенных к ней нагрузок, т.е. изгибающего момента. Определяется по следующей формуле:

$$d = \sqrt[3]{10 \cdot (T_{кр}^2 + Tu) + [\sigma]}, \quad (31)$$

где  $T_{кр} = 120.4 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$T_{и} = 73.4 \text{ Н}\cdot\text{м}$

$[\sigma] = 112.5 \text{ Мпа}$

$$d = \sqrt[3]{10 * (120,4^2 + 73,4^2) / [112.5]}$$

$$d = 7.56 \text{ мм}$$

Принимаем минимальный диаметр для оси привода 12 мм с условием обеспечения запаса прочности.

Произведем расчет ременной передачи.

На установке привод маховых масс производится клиновым ремнем с передаточным числом  $u = 2$ .

Произведем расчет ременной передачи.

Принимаем диаметр приводного шкива 60 мм.

Диаметр большего шкива:

$$d_{p2} = d_{p1} * u * (1 - \varepsilon), \text{ где} \quad (32)$$

$d_{p1}$  – диаметр меньшего шкива, мм

$d_{p2}$  – диаметр большего шкива, мм

$\varepsilon$  - коэффициент скольжения прорезиненного ремня

$$d_{p2} = 60 * 2 * (1 - 0.01) = 118.9$$

Скорость ремня:

$$v = \frac{\pi * d_{p1} * n}{60000} \quad (33)$$

$$v = \frac{3,14 * 60 * 750}{60000} = 2.36$$

Для клиноременных передач межосевое расстояние принимается из соотношения:

$$\begin{aligned} a &\geq 2 * (d_{p1} + d_{p2}) \\ a &\geq 2 * (60 + 120) = 360 \end{aligned} \quad (34)$$

Таким образом минимальное расстояние между центрами 360 мм.

Произведем расчет на прочность швеллера рамы, исходя из рассчитанной величины изгибающего момента.

Балка рамы – швеллер № 8,  $W = 22,4 \cdot 10^{-6}$

$$\sigma_{\max} = T_{\max} / W \quad (35)$$

$$\sigma_{\max} = 1455,9 \cdot 0,982 / 22,4 \cdot 10^{-6} = 63,8 \text{ МПа} < [\sigma] = 200 \text{ МПа}$$

Условия прочности удовлетворяют характеристикам материала.

«Произведем расчет винта прижима пружины, приняв в качестве исходных данных: максимальная нагрузка  $Q = 750 \text{ Н}$ , величина перемещения винта  $l_0 = 0,06 \text{ м}$ , для винта материал принимаем сталь 45,  $[\sigma] = 120 \text{ МПа}$ , для гайки принимаем материал Бр. 0Ф10-1,  $[\sigma_p] = 40 \text{ МПа}$ ,  $[\sigma_{см}] = 45 \text{ МПа}$ .

Допускаемое давление для пары сталь – бронза  $[q] = 9 \text{ Мпа}$ .

Поскольку нагрузка в передаче односторонняя, принимаем упорную резьбу с  $\psi_h = 0,75$ .

Конструкцию гайки принимаем цельную с  $\psi_n = 1,5$ .» [13]

Средний диаметр резьбы:

$$\begin{aligned} d_2 &= \sqrt{\frac{Q}{\pi * \psi_n * \psi_h * [q]}} \\ d_2 &= \sqrt{\frac{750}{3,14 * 1,5 * 0,75 * [9]}} = 4.86 \text{ мм} \end{aligned} \quad (36)$$

По ГОСТ 10177-82 принимаем однозаходную резьбу  $z_p = 1$ ,  $d = 40$ ,  
 $P = 3$  мм,  $d_2 = 37,75$  мм,  $d_3 = 34,794$  мм.

Угол подъема резьбы:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P \cdot z_p}{\pi \cdot d_2} \quad (37)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{3 \cdot 1}{3,14 \cdot 37,75} = 0,0253$$

$$\gamma = 1^\circ 26''$$

Приведенный угол трения:

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \operatorname{arctg} \frac{0,1}{\cos 3^\circ} = 5^\circ 44'' \quad (38)$$

Так как  $\gamma \leq \varphi$ , винтовая пара самотормозящая, следовательно условие проектирование соблюдено.

Высота гайки:

$$H_r = \psi_H \cdot d_2 \quad (39)$$

$$H_r = 1,5 \cdot 37,75 = 56,62 \text{ мм}$$

Принимаем минимальную высоту гайки 57 мм.

Число витков резьбы в гайке:

$$z = H_r / P \quad (40)$$

$$z = 57 / 3 = 19$$

Наружный диаметр гайки



$$D = \sqrt{\frac{5 \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d^2} \quad (41)$$

$$D = \sqrt{\frac{5 \cdot 750}{3,14 \cdot [40]} + 40^2} = 40,37$$

Принимаем  $D = 42$  мм

Высота фланца гайки:

$$a = (0,25 \dots 0,3) \cdot H_r = 0,27 \cdot 57 = 15,4 \text{ мм}$$

Проверяем высоту фланца на срез

$$\tau_{\text{ср}} = Q / \pi \cdot D \cdot a \quad (42)$$

$$\tau_{\text{ср}} = 750 / 3,14 \cdot 40 \cdot 15,4 = 0,4 < [\tau_{\text{ср}}] = 20 \dots 25 \text{ МПа}$$

Проверяем винт на устойчивость. Определяем длину сжатой части винта:

$$l = l_0 + 1,5 \cdot d + H_r / 2 = 50 + 1,5 \cdot 40 + 57 / 2 = 138,5 \text{ мм}$$

$$i_{\text{min}} = d_3 / 4 \quad (43)$$

$$i_{\text{min}} = 34,794 / 4 = 8,699$$

Момент трения в резьбе

$$T = Q \cdot (d_2 / 2) \cdot \text{tg} (\gamma + \varphi) \quad (44)$$

$$T = 750 \cdot (37,75 / 2) \cdot \text{tg} (1^\circ 26'' + 5^\circ 44'') = 1779,44 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Момент трения в опоре.

$$T_{\text{оп}} = 0,33 \cdot Q \cdot f \quad (45)$$

$$T_{\text{оп}} = 0,33 \cdot 750 \cdot 0,05 = 13 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Суммарный момент сопротивления

$$T_{\text{соп}} = T + T_{\text{оп}} \quad (46)$$

$$T_{\text{соп}} = 1779,44 + 13 = 1792,44 \text{ Н}\cdot\text{мм} \approx 1,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

В разделе был выполнен тяговый расчет грузового автомобиля. Определена внешняя скоростная характеристика двигателя. Рассчитаны ускорения на передачах и динамика транспортного средства. Определен путь и время разгона, а также топливная экономичность автомобиля. Результаты тягового расчета отражены на листе графической части. Произведена разработка технического задания и технического предложения на разработку стенда испытания амортизаторов. Проведен анализ конструкции. Проведена разработка отдельных узлов. На основании компоновочного решения узлов конструкции, проведены расчеты силовых и прочностных параметров отдельных узлов и их деталей.

### **3 Технологический процесс ресурсных испытаний амортизаторов автомобилей**

#### **3.1 Параметры проверки состояния амортизатора грузового автомобиля**

Техническое состояние автомобиля имеет большое значение в процессе эксплуатации. Отдельное внимание при эксплуатации транспортного средства обращают внимание на состояние подвески транспортного средства. Подвеска автомобиля определяет не только комфорт передвижения, но и его управляемость, особенно при движении в условиях неровного дорожного покрытия. Вибрации и колебания кузова значительно влияют на управляемость транспортного средства, а значит гашение колебаний имеет большое значение.

«Подвеска автомобиля – узел, отвечающий за демпфирование неровностей дорожного покрытия при движении, от ее состояния в первую очередь зависит комфортабельность езды, что для городского транспорта имеет первостепенное значение. Также подвеска, поглощая неровности, способствует меньшим динамическим перегрузкам все узлов и агрегатов подвески в целом, снижает риск повреждения балки моста, возникновения усталостных трещин и т.д. Большое значение имеет комфортабельность поездки, которая обеспечивается гашением колебаний, что обеспечивается исправными амортизаторами.» [15]

«В практике современного автомобилестроения устройства для ресурсного испытания элементов подвески начали применяться сравнительно недавно, главным образом это системы контроля амортизаторов, применяемые на легковых автомобилях.

Для грузовых автомобилей, параметрами, определяющими рабочее состояние амортизатора являются:

- амплитуда затухания колебаний;

- рабочий ход амортизатора;
- амплитуда колебаний кузова при работе подвески (при диагностировании амортизатора, установленного на автомобиле);
- вертикальные перемещения кузова относительно подвески (при диагностировании амортизатора, установленного на автомобиле).» [12]

Приняв во внимание все эти параметры, можно сделать выводы о необходимости внесения постоянных изменений в конструкцию амортизатора со стороны производителей. Следовательно, необходимо проводить контроль ресурса амортизаторов, для определения того, какое влияние оказывает на эксплуатационные характеристики каждое вносимое в конструкцию изменение. Рассмотрим неисправности, возникающие в амортизаторах при эксплуатации и которые могут проявиться при проведении ресурсных испытаний.

### **3.2 Наиболее характерные неисправности амортизаторов**

«При движении автомобиля в результате деформации упругих элементов подвески возникают поперечные колебания кузова, которые гасятся амортизаторами. В связи с повышенными требованиями к плавности хода амортизаторы стали одним из основных элементов современной подвески.» [15]

«На автомобилях наиболее широко применяются гидравлические амортизаторы, в которых используют сопротивление сравнительно вязкой жидкости, проходящей через калиброванные отверстия малых диаметров и ограниченное сечение в клапанах. Полный цикл колебания включает в себя два периода:

- ход сжатия – когда подрессоренная часть сближается с неподрессоренной частью;
- ход отбоя – когда подрессоренная часть отдаляется от неподрессоренной части;» [2]

Амортизаторы делятся на две группы: амортизаторы двустороннего действия и амортизаторы одностороннего действия, последние гасят колебания только при ходе отдачи. Амортизаторы двустороннего действия способствуют более плавному ходу автомобиля, поэтому в настоящее время амортизаторы одностороннего действия практически не применяются.

При проведении работ по диагностике и ремонту приходится сталкиваться с рядом наиболее типичных для амортизаторов подвески неисправностей. Для удобства восприятия они будут сведены в таблицу 13.

Таблица 13 – Наиболее характерные неисправности автомобильных амортизаторов

Признаки неисправностей амортизатора	Вероятная неисправность амортизатора
Мал свободный ход подвески	а) Поломка пружины б) Заклинивание амортизатора
Посторонние шумы при работе	а) Поломка планки б) Ослабление крепежа амортизатора в) Разрушение отбойника г) Износ проушин крепления амортизатора д) Поломка демпферной пружины е) Отсутствие амортизаторной жидкости
Перекося шток	а) Разрушение упругого элемента по одному из бортов б) Перекося моста вследствие его деформации
Высокая амплитуда затухания колебаний	а) Вытекание жидкости из амортизатора вследствие разгерметизации б) Поломка редукционного клапана поршня

Перечисленные в таблице 15 неисправности могут возникнуть в процессе эксплуатации амортизатора, а значит могут быть выявлены при проведении ресурсных испытаний на специализированном стенде.

Технологический процесс проведения ресурсных испытаний на разработанном в рамках конструкторской части выпускной квалификационной работы представлен ниже.

### **3.3 Технологический процесс проведения ресурсных испытаний амортизатора грузового автомобиля**

Проведение ресурсных испытаний – важная часть разработки или модернизации узла или агрегата автомобиля. При проведении этого вида испытаний возможно создать условия нагружения, максимально соответствующих тем, которые возникают в процессе эксплуатации. При этом, возможно установить тот ресурс работы, который способно выдержать изделие. Это дает возможность выявить возможные конструктивные или технологические недостатки, которые могут быть определены только при эксплуатации изделия, что в большинстве случаев, на стадии предсерийного запуска производства, попросту невозможно.

На разрабатываемом в рамках дипломного проекта стенде осуществляется ресурсное испытание амортизатора транспортного средства с нагрузкой на ось до 3 т. Предполагается испытание амортизаторов всех типов, применяющихся на грузовых автомобилях и автобусах (пневматическая подвеска, рессорная подвеска).

В соответствии с конструкцией стенда и спецификой проведения работ, устанавливается определенная последовательность выполнения технологических операций.

На проушины стенда посредством болтов крепится отремонтированный амортизатор. На рычаг стенда одевается груз, предназначенный для имитации подрессоренной массы. Масса может варьироваться в зависимости от типа амортизатора и имитируемой нагрузке, обговоренной техническими условиями проводимых испытаний. Эти условия формируются разработчиком для каждого типа амортизатора или его модификации, в зависимости от

конструкции и предполагаемых условий эксплуатации. После этого, производится запуск двигателя, после достижения которым рабочих оборотов, выключается муфта, в результате чего рычаг переходит в режим свободных колебаний. При этом происходит нагружение амортизатора автомобиля знакопеременной нагрузкой. Реакция амортизатора на нагружение снимается и фиксируется тензорезисторными датчиками, расположенными в опоре рычага. Весь цикл нагружения повторяется многократно, до полного прохождения всего цикла испытаний, который исчисляется часами работы или количеством циклов. Как правило, при проведении ресурсных испытаний для узлов подобного типа, количество циклов составляет от одного миллиона до десятков миллионов циклов, а сам процесс испытания может составлять несколько недель непрерывной работы.

После фиксирования параметров работы амортизатора производится в течении всего времени или до проявления неисправности, возникшей в процессе испытания, производится расфиксация закрепленного элемента и выполняется заключение о его дальнейшей применимости в качестве элемента подвески транспортного средства.

Основные этапы проведения ресурсных испытаний амортизатора сведены в технологическую карту, представленной в таблице 14.

Таблица 14 – Технологическая карта на проведение процесса ресурсного испытания амортизатора транспортного средства

Наименование операции, перехода	Место выполнения	Исполнитель	Оборудование	Трудоемкость, чел-мин	Примечание
1 Подготовка амортизатора					
1.1 Проверить герметичность затяжки крышек амортизатора	Агрегатное отделение	Слесарь 4-го разряда	верстак	1,5	-

Продолжение таблицы 14

Наименование операции, перехода	Место выполнения	Исполнитель	Оборудование	Трудоемкость, чел-мин	Примечание
1.2 Проверить состояние проушин амортизатора	Агрегатное отделение	Слесарь 4-го разряда	верстак	1,5	Состояние должно соответствовать требованиям завода-изготовителя
2 Подготовка стенда					
2.1 Осмотреть стенд и рычаг с имитаторами нагрузки	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	2,5	Наличие масла, влаги и усталостных трещин на рычаге и имитаторах не допускается. Имитаторы должны быть закреплены без свободного перемещения
2.2 Включить пульт управления	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	0,5	-
2.3 Проверить работоспособность стенда	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	3,0	Только при каждом новом включении стенда
3 Монтаж амортизатора на стенд					
3.1 Установить амортизатор в проушины стенда и рычага	Испытательная лаборатория	Лаборант	Ключ на 19	2,0	-
3.2 Зафиксировать амортизатор	Испытательная лаборатория	Лаборант	Ключ на 19	2,0	Убедиться в полной фиксации агрегата
3.3 Выставить датчики на «0»	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	0,05	



Продолжение таблицы 14

4 Провести ресурсное испытание амортизатора					
4.1 Запустить двигатель стенда	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	0,5	-
4.2 Дождаться выхода работы на стабильный режим	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	0,5	В течении 0,3 – 0,5 мин
4.3 Отключить муфту	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	0,1	-
4.4 Повторить последовательность пп. 4.1...4.3 для всего цикла испытаний	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	-	Продолжительность испытаний определяется ТУ на проведение испытаний, выдаваемых изготовителем амортизатора или до отказа испытуемого узла
4.5 Снять показания датчиков перемещения	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	60	-
4.6 Сформировать отчет о работоспособности амортизатора	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	240	Согласно показателям датчиков
5 Освободить стенд					
5.1 Произвести расфиксирование амортизатора	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	2,0	-
5.2 Осуществить демонтаж амортизатора со стенда	Испытательная лаборатория	Лаборант	стенд	2,0	-

Результатом выполнения раздела явилась разработка комплексного технологического процесса проведения ресурсных испытаний автомобильного амортизатора. Выявлены основные неисправности, характерные для амортизаторов, проявляющиеся в процессе эксплуатации.

Рассмотрены основные причины возникновения неисправностей на основе конструкции гидравлического амортизатора. Разработана технология проведения ресурсных испытаний гидравлического амортизатора. Технология предполагает использование в процессе проведения испытаний разработанного стенда для проведения ресурсных испытаний амортизатора. На основе сформированной последовательности выполнения работ была сформирована технологическая карта на проведение ресурсных испытаний. Результаты разработки представлены в виде технологической карты на листе графической части.

## **4 Охрана труда и безопасность объекта проектирования**

### **4.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ)**

В разделе безопасности и охраны труда рассматривается технологический процесс проведения сборочных работ. В качестве технологического процесса принимается сборка и монтаж стенда ресурсных испытаний амортизаторов. Работы производятся на сборочной площадке сборочного участка. Сборка ведется на специализированном сборочном стапеле. В работе используется специализированный инструмент и приспособления, а также прессовое и подъемное оборудование. Все вышеописанное требует условий по охране труда, поскольку их использование может повлечь риск получения травмы или потерю трудоспособности при нарушении правил и требований к проведению работ.

### **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

Идентификация профессиональных рисков проводится в соответствии с нормативными документами и государственными стандартами. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» можно выделить следующие производственные риски, характерные для рассматриваемого участка.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;
- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно

высокоинтенсивного воздействия» [6]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);
- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

– факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;

– факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;

– факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.)» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- аperiodически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;
- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами

и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;

- неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

- отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

- отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

- повышенная яркость света;

- пониженная световая и цветовая контрастность;

- прямая и отраженная блескость;

- повышенная пульсация светового потока» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

- на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;
- нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

- на статические, связанные с рабочей позой;
- динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;
- динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:»

[6]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [6]

Выявленные профессиональные риски являются характерными для сборочного производства и тех условий труда, в которых производится работа.

Следовательно, указанные риски являются в применении средств и методов охраны труда для нейтрализации негативных последствий.

### **4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

Методы снижения профессиональных рисков в целом направлены на нейтрализацию негативных последствий, вызываемых негативным воздействием.

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);
- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [8]



«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;

- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [6]

В частности, снизить негативное воздействие профессиональных рисков или полностью устранить их воздействие можно следующими методами, для простоты восприятия сведенными в таблицу 15.

Таблица 15 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания

Продолжение таблицы 15

1	2	3
Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы

Продолжение таблицы 15

1	2	3
Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;	Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Разработанные мероприятия по снижению негативного воздействия производственных рисков на работающих значительно снижают негативные последствия. Между тем, значительного результата можно достичь исключительно комплексным подходом к вопросу защиты рабочих в условиях сборочного цеха, когда административные и инженерные мероприятия дополняют и усиливают действия друг друга.

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Обеспечение пожарной безопасности является важным элементом безопасности всего предприятия. Огонь наиболее опасный фактор при проведении работ, что особенно актуально для предприятия автомобильной промышленности, где используется большое количество легковоспламеняющихся жидкостей и материалов, которые могут послужить негативным фактором возникновения пожара.

Факторы пожарной опасности приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Факторы пожарной опасности на участке и их классификация

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>А – горение твердых веществ</p> <p>A1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>A2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением</p>	<p>горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга и искры сварочного оборудования</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения</p>	<p>Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны</p>
<p>В – горение жидких веществ</p> <p>В2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ</p>	<p>топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, и т.п.</p>
<p>С - горение газообразных горючих веществ</p>	<p>сварочные газы, метан</p>	<p>Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>объемное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)</p>

Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таковым мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;

- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;

- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;

- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;

- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в случае срабатывания пожарной сигнализации;

- оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.

#### **4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

Рассматриваемый участок не относится к категории производств, представляющих повышенную антропогенную опасность для окружающей среды. Тем не менее, участок, как и любое производство производит отходы, образующиеся в результате своей деятельности, которые могут выступать в роли загрязнителей, поэтому требуется их определение. К загрязняющим

отходам следует отнести следующее:

- отходы сборочного производства кузовов (обрезки листового металла, обрезки пластика);
- смыв с рук рабочих смазочных материалов и растворителей;
- металлическая и абразивная пыль, окалина, образующиеся в результате обработки элементов рамы;
- ветошь и обтирочные материалы, остающиеся после протирки деталей и очистки рук работников сборочного участка.

В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- «соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [8]

#### **4.6 Меры безопасности при эксплуатации стенда для испытания амортизаторов**

Для упреждения влияния травмоопасных факторов при работе со стендом для испытания амортизаторов необходимо, перед сезоном работ проводить инструктаж по разработанной ниже инструкции.

Общие требования безопасности.

- К обслуживанию стенда допускаются лица не моложе 18 лет годные по состоянию здоровья и прошедшие все виды инструктажей: вводный, текущие, на рабочем месте.
- На рабочем месте соблюдать дисциплину труда.
- Рабочее место должно быть свободно от посторонних предметов.
- Во время работы рабочие должны соблюдать личную гигиену.

- Рабочие должны уметь оказывать первую медицинскую помощь.

Требования безопасности во время работы:

- Устанавливать испытываемые изделия на стенд с помощью грузоподъемных устройств. Разрешается поддерживать изделия за верхнюю часть.

- При работе использовать маслозащитную одежду.

- При загрязнении рук нельзя мыть руки топливом (бензин, солярка)

- Рабочие должны следить, чтобы в зоне работ не входили посторонние люди.

Требования безопасности по окончании работы:

- При окончании работы оборудование, в котором используется электроэнергия необходимо отключить от сети.

- Используемое оборудование должно быть очищено и уложено на место.

- Привести в порядок спецодежду, убрать ее в отведенное место.

- Требования безопасности в чрезвычайных ситуациях.

- При отключении электроэнергии рабочие обязаны отключить оборудование.

- При возгорании в зоне работ тушить установку углекислотным огнетушителем.

В разделе был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку стенда испытания амортизатора. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации. Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности. Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

## **5 Экономический раздел дипломного проекта**

### **5.1 Анализ объекта дипломного проектирования**

В дипломном проекте была произведена разработка стенда испытания амортизаторов.

Сама конструкция может быть изготовлена в условиях мелкосерийного производства. В процессе производства применяются операции литейные, токарные, фрезерные, шлифовальные. Работы проводятся в условиях специализированного предприятия. Также в условиях специализированного предприятия производится монтаж разработанного узла.

В экономическом разделе дипломного проекта необходимо произвести расчет себестоимости конструкции. Себестоимость будет являться отражением экономических затрат на производство, понесенных предприятием в процессе изготовления конструкции. Поэтому, расчет себестоимости будет являться главным показателем того, насколько разработанная конструкция будет влиять на стоимость изделия в целом.

### **5.2 Исходные данные для расчета**

Исходные данные для расчета экономических показателей проекта сведем для удобства восприятия в таблицу 17. В таблице отражены основные параметры и значения, используемые при расчете себестоимости производимого узла в условиях мелкосерийного производства.



Таблица 17 – Исходные данные для экономического расчета

Наименование	Обозначение	Значение
Годовая программа, шт	ПР <sub>год</sub>	1000
Штучное время сборки, мин	ВР <sub>шт</sub>	69,88
Часовая ставка заработной платы: 3 разряд	С <sub>час</sub>	160,45
4 разряд		185,25
5 разряд		210,30
6 разряд		250,50
Доплата часового фонда, %	Кд	8
Доплата за профессиональный навык, %	Кпф	12
Доплата за вредные условия труда, %	Квр	12
Премииальный фонд, %	Прем	20
Отчисления в фонд социального страхования, %	ФСС	30
Транспортно-заготовительные расходы, %	К <sub>т-з</sub>	3
Содержание и эксплуатация оборудования, %	К <sub>с-эк</sub>	4
Общие производственные расходы, %	ОПР	25
Расходы на общую хозяйственность, %	ОХД	30
Внепроизводственные расходы, %	ВПР	3

Общие исходные данные будут использованы при выполнении расчетов.

### 5.3 Расчет затрат на материалы

Произведем расчет материальных затрат, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из разработанной технологии производства конструкции, а также исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 18.

Таблица 18 – Расчет материальных затрат на производство

Материал	Единицы	Расход	Цена, руб	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Заготовка поковка	кг	8	230,20	1841,60
Чугун литейный	кг	12	180,00	2160,00
Двугавр 16	кг		13,50	0,00
Грунтовка	кг	0,1	75,00	7,50
Краска	кг	0,2	120,00	24,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 120	кг	6	95,00	570,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 60	кг	4	95,00	380,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	кг	4,25	95,00	403,75
Круг, бронза	кг	2,5	750,50	1876,25
Масло промышленное	кг	0,5	115,00	57,50
Прочие				750,00
ИТОГО				8070,60
Транспортно-заготовительные расходы				242,12
ВСЕГО				8312,72

Рассчитана общая сумма затрат на материалы.

#### 5.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты

Произведем расчет затрат на приобретение покупных изделий и полуфабрикатов, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 19.

Таблица 19 – Затраты на покупные изделия и полуфабрикаты

Покупные изделия и полуфабрикаты	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Болты М10	8	25,00	200,00
Болты М8	8	14,00	112,00
Винты М8	10	10,00	100,00
Подшипник 305 ГОСТ 5720-75	2	350,00	700,00
Подшипник 302 ГОСТ 5720-76	4	275,00	1100,00

Продолжение таблицы 19

1	2	3	4
Шайбы	26	0,50	13,00
Прочие			350,00
ИТОГО			2575,00
Транспортно-заготовительные расходы			77,25
ВСЕГО			2652,25

Рассчитана общая сумма затрат на покупные изделия и полуфабрикаты, затрачиваемые на производство конструкции.

### 5.5 Расчет затрат на заработную плату

Произведем расчет затрат заработную плату и сопутствующие издержки, таких как цеховые и производственные расходы, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о технологии производства изделия. Результаты расчета сведем в таблицу 20.

Таблица 20 – Расчет затрат на заработную плату

Операция	Разряд	Трудоемкость, ч/час	Тарифная ставка	Заработная плата
Литейная	5	8,0	210,30	1682,40
Сварочная	5	12,0	210,30	2523,60
Токарная	6	8,0	250,50	2004,00
Фрезерная	6	8,0	250,50	2004,00
Шлифовальная	6	4,0	250,50	1002,00
Долбежная	5	10,0	210,30	2103,00
Термическая	5	2,5	210,30	525,75
Сверлильная	4	0,5	185,25	92,63
Слесарная	4	0,5	185,25	92,63
Сборочная	4	1,1	185,25	203,78
Окрасочная	3	1,0	160,45	160,45
Испытательная	5	1,5	210,30	315,45
ИТОГО				12709,68
Премииальные доплаты				3050,32
Основная заработная плата				15760,00

Рассчитана общая сумма затрат на основную заработную плату, затрачиваемые на производство единицу конструкции. Дальнейшие затраты рассчитываются исходя из суммы основной заработной платы.

Затраты по дополнительной заработной плате рассчитываются по формуле:

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = \text{Зосн} \cdot \text{Кд}, \quad (47)$$

где Кд – доплата часового фонда, Кд = 8%

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = 15\,760 \cdot 0,08 = 1\,260,00 \text{ руб}$$

Засчитаем затраты на отчисления в фонд социального страхования:

$$\text{СОЦ} = (\text{Зо} + \text{ДОП}_{\text{зп}}) \cdot \text{ФСС} \quad (48)$$

где ФСС – Отчисления в фонд социального страхования, ФСС = 30%

$$\text{СОЦ} = (15\,760,00 + 1\,260,00) \cdot 0,30 = 5\,106,24 \text{ руб}$$

Произведем расчет общепроизводственных расходов:

$$\text{Робщ} = \text{Зо} \cdot \text{ОПР} \quad (49)$$

где ОПР – общие производственные расходы, ОПР = 25%

$$\text{Робщ} = 15\,760,00 \cdot 0,25 = 3\,940,00 \text{ руб}$$

Произведем расчет общехозяйственных расходов:

$$\text{Рохр} = \text{Зо} \cdot \text{ОХД} \quad (50)$$

где ОХД – коэффициент общехозяйственных расходов, ОХД = 30%

$$\text{Рохр} = 15\,760,00 \cdot 0,3 = 4\,728,00 \text{ руб}$$

Расчет себестоимости коробки отбора мощности представим в таблице 21.

Таблица 21 – Себестоимость разработанного стенда

Статьи затрат	Значение	
	Сумма	%
Сырье и материалы	8312,72	13,9%
Покупные изделия и полуфабрикаты	2652,25	4,4%
Зарплата основная	15760,00	26,3%
Зарплата дополнительная	1260,80	2,1%
Отчисления на соцстрах	5106,24	8,5%
Расходы на содержание оборудования	16390,40	27,4%
Общепроизводственные расходы	3940,00	6,6%
Общехозяйственные расходы	4728,00	7,9%
Производственная себестоимость	58150,40	97,1%
Внепроизводственные расходы	1744,51	2,9%
Полная себестоимость	59894,91	100,0%

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции стенда для ресурсного испытания стендов. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство конструкции. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанный стенд проведения ресурсных испытаний амортизаторов грузовых автомобилей будет являться конкурентной по цене.

## Заключение

В рамках выпускной квалификационной работы была произведена разработка и расчет стенда ресурсных испытаний амортизаторов автомобилей. Для достижения поставленной цели были решены ряд поставленных при проектировании задач, решение которых представлено в соответствующих разделах дипломного проекта, связанных между собой.

В первом разделе дипломного проекта был выполнен анализ промышленных аналогов разрабатываемой конструкции стенда испытания амортизаторов. В процессе поиска промышленных аналогов были обнаружены ряд стендов, которые могут быть использованы в качестве аналогов. Это означает, что некоторые технические решения, применяемые в этих конструкциях, будут применены в конструкции проектируемого стенда. Произведен сравнительный анализ технических характеристик конструкции стендов, который был выполнен методом циклограммы. Результаты проведенного анализа представлены в расчетно-пояснительной записке и на листе графической части.

Во втором, конструкторском разделе выпускной квалификационной работы, был выполнен тяговый расчет грузового автомобиля. Определена внешняя скоростная характеристика двигателя. Рассчитаны ускорения на передачах и динамика транспортного средства. Определен путь и время разгона, а также топливная экономичность автомобиля. Результаты тягового расчета отражены на листе графической части. Произведена разработка технического задания и технического предложения на разработку стенда испытания амортизаторов. Проведен анализ конструкции. Проведена разработка отдельных узлов. На основании компоновочного решения узлов конструкции, проведены расчеты силовых и прочностных параметров отдельных узлов и их деталей.

Результатом выполнения третьего раздела дипломного проекта явилась разработка комплексного технологического процесса проведения ресурсных

испытаний автомобильного амортизатора. Выявлены основные неисправности, характерные для амортизаторов, проявляющиеся в процессе эксплуатации. Рассмотрены основные причины возникновения неисправностей на основе конструкции гидравлического амортизатора. Разработана технология проведения ресурсных испытаний гидравлического амортизатора. Технология предполагает использование в процессе проведения испытаний разработанного стенда для проведения ресурсных испытаний амортизатора. На основе сформированной последовательности выполнения работ была сформирована технологическая карта на проведение ресурсных испытаний. Результаты разработки представлены в виде технологической карты на листе графической части.

В четвертом разделе был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку стенда испытания амортизатора. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации. Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности. Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции стенда для ресурсного испытания стенов. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство конструкции. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанный стенд проведения ресурсных испытаний амортизаторов грузовых автомобилей будет являться конкурентной по цене.

На основании всей выполненной работы, можно сказать, что поставленные задачи в рамках дипломного проектирования выполнены.

## Список используемых источников

1. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 655 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – [www.dx.doi.org/10.12737/2530](http://www.dx.doi.org/10.12737/2530). - ISBN 978-5-16-101092-1.
2. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 320 с.: ил.; . - (ПРОФИЛЬ). ISBN 978-5-98281-309-1. - Текст : электронный.
3. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В.К. Вахламов – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
4. Ведущие мосты тракторов и автомобилей: Учебное пособие / Кобозев А.К., Швецов И.И., Койчев В.С. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2016. - 64 с.
5. Высочкина, Л. И. Автомобили: конструкция, расчет и потребительские свойства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / сост. Л.И. Высочкина, М.В. Данилов, В.Х. Малиев и др. - Ставрополь, 2013. - 68 с.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. Карташевич А.Н. «Тракторы и автомобили. Конструкция» / А.Н. Карташевич, А.В. Понталев, А.В. Гордеенко // учебное пособие, Изд-во Инфра-М, 2013 – 313 с.
8. Корниенко, Евгений. Информационный сайт по безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс] / Е. Корниенко. – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2018. – Режим доступа [http://www.kornienko-ev.ru/teoria\\_auto/page233/page276/index.html](http://www.kornienko-ev.ru/teoria_auto/page233/page276/index.html), свободный



9. Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс] : большое практ. справ. пособие / Ю. А. Лукаш. - Москва : Флинта, 2012. - 210 с. - ISBN 978-5-9765-1369-3.

10. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 284 с. - ISBN 978-5-9729-0364-1.

11. Ремонт автомобилей [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://automend.ru/>

12. Савич, Е. Л. Системы безопасности автомобилей : учебное пособие / Е.Л. Савич, В.В. Капустин. – Минск: Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 445 с.: ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104362-2.

13. Сергеенко, В.А. Проверочный расчет зубчатых передач трансмиссии автомобилей / В.А. Сергеенко. – Минск : БНТУ, 2016. – 61 с.

14. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и мотоцикла : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

15. Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей : учебное пособие / В.П. Тарасик, М.П. Бренч. – 2-е изд., испр. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 448 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-101224-6.

16. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. М. Власов [и др.] ; под ред. В. М. Власова. - Гриф МО. - Москва : Academia, 2003. - 477 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 473. - Прил.: с. 421-472. - ISBN 5-7595-1150-8 : 191-82.

17. Щелчкова, Н. Н. Практикум по безопасности жизнедеятельности. Часть II : учебно-практическое пособие / Н.Н. Щелчкова, Д.В. Натарева, Е.А. Романова. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 225 с. - ISBN 978-5-16-108275-1.

18. G. A. Einicke, Smoothing, Filtering and Prediction: Estimating the Past, Present and Future (2nd ed.), Prime Publishing, 2019

19. Milliken, W. F. Race Car Vehicle Dynamics / Premiere Series / R: Society of Automotive Engineers, Том 146 / W. F. Milliken, D. L. Milliken : SAE International, 1995. – 890 p. [8], [9], [10]. – ISBN 1560915269, 9781560915263.

20. Singh, H. Rewat The Automobile: Textbook for Students of Motor Vehicle Mechanics / H. Rewat Singh: S Chand & Co Ltd, 2004 - 532 p.

21. Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition / Tom Denton: Routledge, 2017 – 378p. - ISBN 9780415725781

22. Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019.– 350 с.